

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Dissertação Apresentada à  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
como Requisito Parcial à Obtenção do  
Título de Mestre em Engenharia de Petróleo

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM DA  
CLARIFICAÇÃO NA SEPARAÇÃO  
SÓLIDO-LÍQUIDO NÃO-NEWTONIANO  
EM CENTRÍFUGA DECANTADORA INDUSTRIAL

*Este exemplar corresponde a redação final  
da tese defendida pelo Eng<sup>o</sup> Weimar Lázaro  
e aprovada pela Comissão Julgadora em  
19/11/91. 48/91*

*Cesar fantane*  
Prof. Dr. Cesar Costapinto *SANTANA* Autor : Weimar Lázaro  
Orientador : César Costapinto Santana

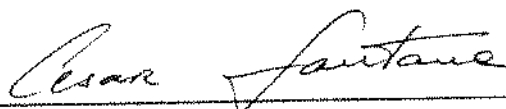
Novembro de 1991.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

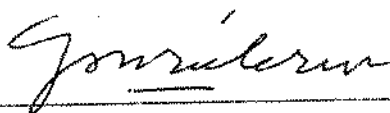
A dissertação "Estudo experimental e modelagem da clarificação na separação sólido-líquido não-Newtoniano em centrífuga decantadora industrial", elaborada por Weimar Lázaro e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pela Sub-Comissão de Pós-Graduação em Engenharia de Petróleo como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Petróleo.

Campinas, 19 de Novembro de 1991.

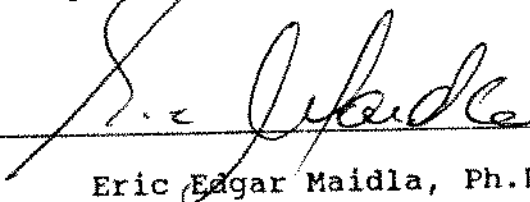
Banca Examinadora :



César Costapinto Santana, Ph.D.



Gaspar González Maldonado, Ph.D.



Eric Edgar Maidla, Ph.D.

A evolução própria é mérito e destino de cada um de nós. Não seria a mesma, porém, não fosse o exemplo de meu pai, Elias, a dedicação e amor de minha mãe, Imelda, e a afinidade com meus irmãos Átila e Lígia.

E tudo não seria possível, não fosse a vontade de Ismael, em nome de nosso Pai...

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Perfuração da PETROBRÁS, pelo investimento pessoal e material que possibilitou o trabalho.

À GIUSTI & CIA LTDA, em nome do Sr. Giovanni Giusti e particularmente de seus funcionários, por terem tornado este trabalho possível, na prática.

À ENGISTREL/ENGIMATIC INSTRUMENTAÇÃO LTDA, em nome de seu representante, Sr. Carlos Alberto Vieira, pela gentileza na cessão de seu equipamento medidor de vazão eletromagnético, que conferiu confiabilidade aos resultados.

À BASF, no nome do Sr. Ronald Kyrmse, pela presteza com que nos forneceu cópia da tese de doutorado de Tillmann Faust, base de grande parte do presente trabalho.

Ao CENPES/PETROBRÁS, em nome dos Srs. Drs. Eliseo Caetano e Gaspar Maldonado, pela possibilidade de emprego do analisador Malvern.

Ao Sr. Edward Thurber, pelos esclarecimentos úteis em respostas a nossas correspondências.

Ao Sr. Andrew K. Wojtanowicz, da LOUISIANA STATE UNIVERSITY, com o desejo manifesto de em breve realizar as pesquisas sugeridas.

Ao prof. Ph.D. César Costapinto Santana, pela orientação neste trabalho.

A todos os colegas, funcionários e professores do Departamento de Engenharia de Petróleo e da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP, por terem de alguma forma colaborado com o desenvolvimento desta obra.

Ao baiano Edson, pela certeza do sucesso.

Em particular, a Carlos Henrique Marques de Sá, Damaris, Eduardo Vardaro, André G. P. Cordovil e familiares, Sandra, Bárbara e Francisca, do Cenpes, e a todo o pessoal do Edifício Massaguassu.

À querida Sandra, pelo carinho, apoio e companhia.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
NOMENCLATURA.....	vii
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 A CENTRÍFUGA DECANTADORA NA PERFURAÇÃO.....	3
2.1 Descrição e Funcionamento do Equipamento.....	3
2.2 Processamento de Fluidos de Perfuração.....	7
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1 Caracterização de Partículas Suspensas em Líquidos.	11
3.1.1 Importância da Caracterização.....	11
3.1.2 Tipos de Distribuição e Diâmetros.....	11
3.1.3 Definições Básicas e Equações para Balanço Material.....	15
3.2 Desenvolvimentos da Literatura para Sistemas Partícula-Fluido.....	20
3.2.1 Formulação Clássica - Fluidos Newtonianos.....	20
3.2.2 Extensão para Fluidos Não-Newtonianos.....	23
3.2.3 Efeito da Concentração de Partículas ou de População.....	25
4 ASPECTOS TEÓRICOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.....	26
4.1 Introdução.....	26
4.2 Modelos Matemáticos Disponíveis na Literatura.....	26
4.3 Modelos Propostos para Fluidos Não-Newtonianos.....	32

4.3.1	Modelo Simplificado (Fluxo Pistonado).....	33
4.3.2	Modelo Elaborado (Perfil Power-Law).....	35
4.3.3	Regime Real de Fluxo.....	40
5	MONTAGEM E OBTENÇÃO DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS	
	COM CENTRÍFUGA INDUSTRIAL.....	42
5.1	Montagem da Unidade Experimental.....	42
5.2	Aferição dos Equipamentos e Detalhes dos Testes...	43
5.2.1	Durante Realização dos Testes de Campo.....	45
5.2.2	Durante as Análises de Laboratório.....	47
5.2.3	Análise de Distribuição de Tamanhos de	
	Partículas.....	47
5.3	Escolha das Partículas, Composição e Reologia	
	dos Fluidos.....	50
6	RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	58
6.1	Determinação da Velocidade Terminal.....	58
6.2	Modelos Matemáticos.....	58
6.2.1	Influência do Tipo de Perfil de	
	de Escoamento do Fluido.....	60
6.2.2	Influência do Efeito de Concentração	
	(Populacional).....	60
6.2.3	Consideração do Fluido para Tomada de	
	Reologia.....	62
6.2.4	Consideração sobre a Altura da Camada Móvel...	63
6.2.5	Influência do Critério para o Cálculo do $D_{50}$ ...	63
6.3	Resultados dos Modelos Comparados com	
	Experimentos.....	64
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	74

7.1 Conclusões.....	74
7.2 Sugestões.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
APÊNDICES.....	87
APÊNDICE A.....	88
APÊNDICE B.....	90
ANEXO 1.....	94
ANEXO 2.....	149



## LISTA DE FIGURAS

1	- Decantador Centrífugo	3
2	- Distribuições de Freqüências e Acumuladas	14
3	- Diagrama Esquemático de um Separador	16
4	- Modelos para Fluidos Newtonianos	29
5	- Curva de Eficiência Individual de Coleta com Fenômeno de Aglomeração de Partículas	31
6	- Montagem Experimental	44
7	- Reograma Típico dos Fluidos Analisados	57
8	- Velocidade de Sedimentação Centrífuga	59
9	- Influência do Perfil de Escoamento	61
10	- Influência do Efeito Populacional	61
11	- Consideração do Fluido para Medidas Reológicas	62
12	- Influência da Altura da Camada Móvel	64
13	- Influência do Critério de Cálculo do $D_{50}$	65
14	- Resultados Experimentais em Piscina Profunda	66
15	- Efeito de Altura da Piscina	66
16	- Ajuste do Modelo A para Baritina	67
17	- Ajuste do Modelo A para Sílica Flour	68
18	- Ajuste do Modelo A para Calcáreo	68
19	- Resultados de Thurber [34] com Baritina	70
20	- Resultados de Thurber [34] com "Ottawa Sand"	70
21	- Influência da Vazão nos Testes com Baritina	71
22	- Influência da Vazão nos Testes com Sílica Flour	71
23	- Influência da Vazão nos Testes com Calcáreo	72
24	- Influência da Rotação nos Testes com Baritina	72

25 - Influência da Rotação nos Testes com Calcáreo	73
26 - Influência da Reologia do Fluido de Alimentação	73

## LISTA DE TABELAS

1	- Exemplos de Definições de Diâmetros	12
2	- Correção dos Diâmetros Lidos no Contador de Partículas Malvern	48
3	- Designação dos Fluidos e Emprego	51
4	- Relação dos Testes e Parâmetros Empregados	52
5	- Composição Básica dos Fluidos Analisados	54
6	- Parâmetros de Ajuste por Ostwald de Waele	55
7	- Parâmetros de Ajuste por Herschel-Bulkley	57

## NOMENCLATURA

### Alfabeto Romano

- A - Área projetada da partícula,  $m^2$
- B - Largura do canal, m
- $C_{vol}$  - Concentração volumétrica de sólidos,  $Kg.m^{-3}$
- $C_1, C_2$  - Constantes do modelo elaborado (Power Law)
- $C_D$  - Coeficiente de arraste
- D - Tensor taxa de deformação
- $D_{100}$  - Diâmetro limite 100%, m
- $D_{50}$  - Diâmetro de corte 50%, m
- $D_p$  - Diâmetro da partícula, m
- $D_s$  - Diâmetro superficial, m
- $D_v$  - Diâmetro volumétrico, m
- $D_{ST}$  - Diâmetro de Stokes, m
- $D_{\#}$  - Diâmetro de peneira, m
- $D_H$  - Diâmetro hidráulico, m
- ET - Eficiência Total ou Global
- ET1 - Eficiência Total baseada exclusivamente em densidades
- ET2 - Eficiência Total baseada em densidades e vazões
- f - Distribuição de tamanhos de partículas em frequência
- $\vec{f}$  - Contribuição cinética do vetor força resistiva exercida pelo fluido sobre a superfície sólida
- $F(D_p)$  - Distribuição acumulada de partículas menores que  $D_p$
- $F_D$  - Força de arraste sobre a partícula esférica, N
- g - Aceleração da gravidade,  $m.s^{-2}$

- $G(D_p)$  - Eficiência Individual de Coleta da partícula com  $D_p$   
 $G'(D_p)$  - Efic. Indiv. de Coleta Modificada da partícula com  $D_p$   
 $h$  - Altura da piscina, m  
 $\Delta h$  - Espessura da camada móvel, m  
 $i$  - Número de passes de rosca  
 $k$  - Índice de consistência, modelo Ostwald de Waele,  $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$   
 $L$  - Comprimento desenvolvido de percurso no canal, m  
 $\bar{L}$  - Comprimento médio desenvolvido de percurso, m  
 $L_1$  - Comprimento desenvolvido no trecho cilíndrico, m  
 $L_2$  - Comprimento desenvolvido no trecho cônico, m  
 $m$  - Função da esfericidade  
 $M$  - Vazão mássica de sólidos,  $\text{Kg}\cdot\text{s}^{-1}$   
 $n$  - Índice de comportamento no modelo de Ostwald de Waele  
 $p$  - Pressão, Pa  
 $Q$  - Vazão volumétrica de fluido,  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$   
 $r$  - Raio: distância em relação ao centro de rotação, m  
 $r_0$  - Raio da superfície livre do líquido, m  
 $r_1$  - Raio da interface camada móvel/fluido estagnado, m  
 $r_m$  - Raio médio do fluido no modelo simplificado, m  
 $\bar{r}$  - Raio médio do fluido no modelo elaborado, m  
 $r_T$  - Raio do tambor, m  
 $R_L$  - Relação volumétrica entre descarte e alimentação  
 $Re, Re_{gen}$  - Número de Reynolds, Reynolds generalizado  
 $s$  - Passo da rosca, m  
 $t$  - Variável tempo, s  
 $t_s$  - Tempo de sedimentação, s  
 $t_p$  - Tempo médio de permanência dos sólidos na Centrífuga, s

- $\bar{t}$  - Tempo médio de permanência do fluido, s
- $\vec{u}$  - Velocidade do fluido,  $m.s^{-1}$
- $U$  - Velocidade relativa de sedimentação da partícula, m/s
- $U_{ST}$  - Velocidade de sedimentação segundo Stokes,  $m.s^{-1}$
- $U_{STC}$  - Velocidade de sedimentação centrífuga de Stokes,  $m.s^{-1}$
- $U_{SG}$  - Velocidade de sedimentação gravitacional da partícula pela fórmula de Laruccia [16],  $m.s^{-1}$
- $U_{SC}$  - Velocidade de sedimentação centrífuga da partícula pela fórmula de Laruccia [16],  $m.s^{-1}$
- $U_{CORR}$  - Velocidade corrigida com efeito populacional,  $m.s^{-1}$
- $\vec{v}$  - Velocidade absoluta da partícula isolada,  $m.s^{-1}$
- $v_{\phi}$  - Velocidade tangencial do fluido,  $m.s^{-1}$
- $v_{\phi 0}$  - Velocidade tangencial superficial,  $m.s^{-1}$
- $v_{rel}$  - Velocidade relativa fluido/canal móvel,  $m.s^{-1}$
- Vol. - Volume,  $m^3$
- $x$  - Fração em massa
- $X$  - Função da esfericidade

### Alfabeto Grego

- $\gamma$  - Taxa de deformação,  $s^{-1}$
- $\mu$  - Viscosidade  $Kg.m^{-1}.s^{-1}$
- $\mu_{ef}$  - Viscosidade aparente  $Kg.m^{-1}.s^{-1}$
- $\theta$  - Componente ângulo de rotação em coordenadas esféricas
- $\rho$  - Massa específica do fluido isento de sólidos,  $Kg.m^{-3}$
- $\rho_p, \rho_s$  - Massa específica do sólido ou partícula,  $Kg.m^{-3}$
- $\tau$  - Tensão de cisalhamento, Pa
- $\tau_0$  - Tensão residual no modelo de Herschel-Bulkley, Pa

- $\beta$  - Parâmetro relacionado com o transporte dos sólidos
- $\phi$  - Componente ângulo de inclinação em coordenadas esféricas ou esfericidade
- $\nu_s$  - Concentração volumétrica de sólidos,  $\text{Kg.m}^{-3}$
- $\varphi$  - Componente tangencial em coordenadas cilíndricas
- $\Omega$  - Função da esfericidade
- $\Sigma$  - Parâmetro do conceito de área sedim. equivalente,  $\text{m}^2$
- $\omega$  - Velocidade angular,  $\text{s}^{-1}$
- $\omega_s$  - Velocidade angular média da rosca,  $\text{s}^{-1}$
- $\omega_T$  - Velocidade angular média do tambor ou rotor,  $\text{s}^{-1}$
- $\Delta\omega$  - Diferencial de rotação entre rosca e tambor,  $\text{s}^{-1}$
- $\omega_K$  - Número de voltas da rosca no trecho cilíndrico

#### Índices

- A - Alimentação
- D - Descarte, arraste
- E - Efluente
- F - Fluido
- H - Hidráulico
- $i_x$  - Expoente da fórmula de Richardson & Zaki [26,27]
- K - Índice de número de voltas da rosca
- L - Líquido
- M - Massa
- N - Número
- P - Partícula, permanência
- S - Rosca, superfície, sólido, sedimentação
- T - Tambor.

## RESUMO

Através de revisão bibliográfica, procurou-se conhecer o exato funcionamento de uma centrífuga decantadora de rotor sólido valendo-se de observações de outros experimentadores. Por intermédio deste estudo, percebeu-se a insuficiência de trabalhos contemplando uma classe tecnologicamente importante de fluidos classificados como não-Newtonianos.

Buscando aprofundar o conhecimento acerca deste equipamento, o presente trabalho aborda o aspecto da modelagem do processo de clarificação, partindo do estudo básico de uma formulação apropriada para a velocidade de sedimentação de partículas em ampla faixa de números de Reynolds e que independe de modelos reológicos pré-estabelecidos. Para facilitar o trabalho computacional, no entanto, foram escolhidos dois modelos reológicos para descrição do comportamento dos fluidos: o "Power Law" de Ostwald de Waele e o de Herschel-Bulkley.

Através de dados experimentais próprios, obtidos a partir de uma centrífuga industrial, simulando condições diversas pela variação de parâmetros operacionais, algumas premissas de modelos encontráveis na literatura foram averiguadas, servindo de subsídeo à formulação de novo modelo.

A metodologia empregada para avaliação de parâmetros de interesse na verificação da eficiência do equipamento pode ser estendida para outros separadores sólido-líquido do sistema extrator de uma sonda de perfuração.



## ABSTRACT

A review of data from the literature was made in order to understand the behavior of a Decanter centrifuge (Solid Bowl). By this way, it was noticed the few publications dealing with a technologically important class of fluids, rheologically classified as non-Newtonian.

In order to better investigate this equipment, the present work studies the aspect of modelling the clarification process, basically considering an appropriate formulation for the settling velocity of solid particles throughout a large range of Reynolds numbers, independent of particular rheological models. As to make the computational task easier, although, two models were chosen for description of fluids: the Power Law from Ostwald de Waele and the Herschel-Bulkley's one.

Through own experimental data, obtained from an industrial centrifuge, simulating conditions by variating operational parameters, some hypothesis normally found in the literature were studied, leading to a new model.

The employed method used to evaluate the important parameters that affect the equipment's performance, may be easily extended to other solid-liquid separators in the extraction system of a drilling rig.

## 1 INTRODUÇÃO

Para a separação de fases em misturas sólido-líquido e líquido-líquido, o uso de máquinas separadoras baseadas na força centrífuga data do século passado. Entretanto, seu uso como uma unidade de processo reconhecida é bem mais recente, iniciado há uns 60 anos. Em campos de Petróleo, iniciou-se o uso de centrífugas somente há cerca de 35 anos, enquanto que, no Brasil, só se principiou a fazê-lo nos últimos dez anos.

Já em 1963, Framptom [09] apontava para as dificuldades em se modelar tal equipamento, ou seja, prever a capacidade na qual certas separações podem ser realizadas em termos dos parâmetros de definição do equipamento, por um lado, e do sistema a ser separado, por outro. Inúmeros fatores parecem obstar uma análise matemática precisa, como sejam: a turbulência interna no equipamento, seu curto comprimento, que pode impedir o estabelecimento de um regime definido de escoamento, e possíveis fenômenos de interação entre partículas de mesmo ou de diferentes tamanhos.

Sem um estudo minucioso destes fatores, no entanto, nunca se chegará a uma compreensão objetiva de sua influência, da mesma forma que o trabalhador que assenta a primeira pedra na estrutura de um prédio não consegue divisar a obra acabada.

O presente trabalho teve o intuito inicial de estudar o funcionamento fundamental de um tipo específico de centrífuga denominada "decantadora", ou, "solid bowl". Para que este estudo pudesse aprofundar-se foi necessário buscar na literatura o que de mais avançado havia em termos de estudo da

máquina, o que conduziu naturalmente à escola alemã. O interesse em modelar este equipamento, no entanto, tal como é empregado na indústria petrolífera, mostrou a necessidade de aprofundamento em um campo específico aonde poucos penetram: a reologia de fluidos não-Newtonianos, independentes do tempo.

Tal estudo culmina com a proposição de modelos para a determinação do diâmetro da partícula que é separada com eficiência de 50 %, o diâmetro de corte, sem preocupar-se por ora com obtenção da curva completa de eficiência individual de coleta, pela possibilidade dos fenômenos interferentes, já apontados por Faust [07], bem como imprecisões decorrentes da formulação da velocidade de sedimentação, mas que podem ser corrigidas quando se tratam de um ou dois pontos apenas.

São formulados modelos baseados na possibilidade de haver diferentes regimes de escoamento do fluido dentro do equipamento, considerando dois modelos reológicos para o fluido: o modelo de Ostwald de Waele (ou Power Law) e o de Herschel-Bulkley. As expressões para velocidade de sedimentação são derivadas dos trabalhos de Massarani e Telles [19] e Laruccia [16].

Uma análise da influência de diversos parâmetros de importância comumente considerados em modelos matemáticos é feita e procura-se validar o modelo com dados experimentais próprios, gerados em trabalho de campo com uma centrífuga industrial e com alguns dados dos experimentos realizados por Thurber [34].

## 2 A CENTRÍFUGA DECANTADORA NA PERFURAÇÃO

### 2.1 DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

O decantador centrífugo é um dentre diferentes tipos de equipamentos denominados genericamente por centrífugas ou sedimentadores centrífugos. Para uma completa classificação destes equipamentos ver, por exemplo, o trabalho de Cheremisinoff [04].

O decantador centrífugo, denominado simplesmente como centrífuga no corpo deste trabalho, é um equipamento que permite a separação sólido-líquido no tratamento de resíduos industriais, indústria química, tratamento mineral, etc. Como o nome indica, uma mistura sólido-líquida alimentada na centrífuga é sujeita a uma sedimentação, conforme ilustrado na seguinte figura, onde também são mostradas as partes principais deste equipamento.

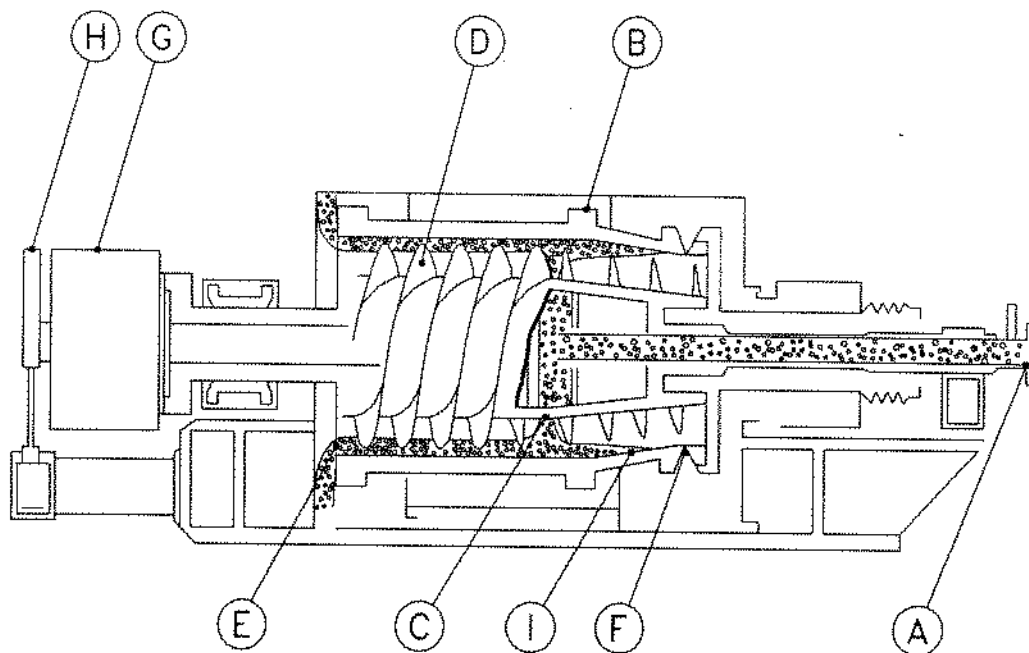


Fig 1 - Decantador Centrífugo

A mistura sólido-líquida é alimentada através do tubo ou canhão de alimentação (A), chegando até a câmara de aceleração, de onde sai por orifícios (C), existentes na parede da rosca transportadora (D). A suspensão penetra então na cavidade do cilindro ou tambor (B), formando uma camada concêntrica junto à parede interna deste. Devido à rotação em alta velocidade deste conjunto, gera-se uma força centrífuga de centenas a milhares de vezes a gravitacional, o que reduz sobremaneira o tempo de sedimentação das partículas.

O nível de líquido no interior do equipamento é denominado de piscina e é controlado por intermédio de um disco regulador do nível da piscina (E), que possui orifícios para tal regulagem.

Os sólidos sedimentados, por sua vez, são transportados pela rosca até as aberturas de saída (F). O transporte ocorre devido a um diferencial de velocidade existente entre rosca e tambor, provocado pelo redutor (G).

A centrífuga é dotada ainda de um sistema de segurança (H) que evita que um torque excessivo seja transmitido à rosca, devido, por exemplo, a uma sobrecarga.

O processo em uma centrífuga pode ser resumido:

- Rápido impacto e aceleração da suspensão;
- Escoamento através da parte cilíndrica do tambor enquanto ocorre a sedimentação das partículas;
- Contínuo transporte dos sólidos para a saída oposta à de líquido, em direção à praia (I).

O trabalho experimental de Faust [08], ajudou na compreensão do exato funcionamento deste equipamento.

Dois são os tipos mais importantes de decantadores centrífugos:

- A centrífuga em contracorrente com a rosca girando mais rápido que o tambor (diferença positiva de velocidade);

- A centrífuga em contracorrente com a rosca girando mais lentamente que tambor (diferença negativa de velocidade).

À parte desta classificação, podem existir roscas transportadoras com hélice à direita ou à esquerda. O que se altera, neste caso, é apenas o sentido de rotação do conjunto.

A centrífuga GIUSTI GMCS 2013, na qual foram feitos os experimentos deste trabalho, caracteriza-se por ser do tipo com diferença negativa de velocidade, com rosca à direita e que, portanto, tem um sentido de rotação anti-horário.

Para a centrífuga deste tipo, o fluido, ao penetrar pelos orifícios de alimentação, toma imediatamente o sentido de rotação horário e percorre diretamente o caminho que conduz à saída de líquido com uma velocidade de fluxo que é contrária à velocidade de movimento do canal composto por rosca e parede interna do tambor.

Para uma centrífuga com diferença de velocidade positiva, o percurso do líquido não é tão óbvio, visto que, ao penetrar pelos orifícios e tomar o sentido de rotação o qual é contrário ao do equipamento, devido à inércia, o fluido é conduzido inicialmente à parte cônica onde é forçado a tomar o mesmo sentido de rotação que o conjunto das peças móveis possui, deslocando-se então para a saída de líquido com

velocidade no mesmo sentido que o canal.

As observações de Faust [08] concordam com aquelas de Schnittger [30] e Litvine [17] quanto ao fato de haver uma camada de fluido estática junto à parede do equipamento, enquanto que o fluido em movimento compreende apenas uma fina camada que Schnittger denominou de camada limite (boundary layer), enquanto Faust a chama simplesmente de camada móvel. Suas observações derivaram de experimentos em centrífugas transparentes e pela injeção de fluidos coloridos no fluxo de alimentação.

Considerando-se como válida a existência desta camada móvel, as seguintes foram as constatações de Faust [08] para a centrífuga com diferença positiva de velocidade:

- O escoamento de fluido ocorre em uma camada móvel que compreende cerca de metade da altura da piscina;

- A zona de turbulência na alimentação é muito pequena (menos de um quarto de circunferência em sua centrífuga de laboratório a 80 g e possivelmente menos ainda a maiores acelerações que chegam até 2000 g na centrífuga usada nos experimentos);

- A velocidade em relação à rosca é no sentido de rotação;

Para a centrífuga com diferença de velocidade negativa valem as observações:

- A camada móvel é apenas cerca de um quarto da altura da piscina (variando para mais ou menos com a vazão);

- O escoamento é mais estável e estratificado que no caso com diferença positiva de velocidade;

- Os resultados experimentais demonstraram menores eficiências em relação ao tipo anterior.

## 2.2 PROCESSAMENTO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

Nas operações de perfuração de poços de petróleo emprega-se um fluido para o preenchimento do poço com vários objetivos, dentre os quais podem-se citar: contenção dos fluidos nas rochas perfuradas, carreamento dos cascalhos triturados pela broca, estabilização química e física das paredes do poço, etc. Este fluido circula continuamente entre o fundo do poço e a superfície, devendo dele ser extraídos os sólidos retirados do poço.

O sistema extrator de uma sonda de perfuração compreende diversos equipamentos separadores seqüencialmente dispostos para separação dos sólidos desde os maiores tamanhos até os menores passíveis de separação.

Os primeiros são as peneiras de lama as quais devem processar todo o volume circulante de fluido de perfuração e possuir preferencialmente as menores aberturas de telas compatíveis com a operação. Atualmente, o desenvolvimento das peneiras permite empregar telas de até 200 Mesh

Para as margens de separação a seguir estabelecidas, considera-se o diâmetro de corte,  $D_{50}$ , sendo os dados tomados como valores médios da literatura e que devem ser encarados apenas por ilustração, visto que a dependência da eficiência destes equipamentos com granulometria, vazão e reologia de alimentação é bastante forte.



Normalmente o equipamento empregado após a peneira é o desareador, um hidrociclone com cones de 8 a 12 pol (0,20 m a 0.30 m), que é empregado apenas em fases iniciais do poço e separa partículas de areia maiores que 50 a 74 $\mu$ m. Ele não é empregado com fluidos adensados pela perda de material adensante.

O equipamento que processa o efluente do desareador é o dessiltador. Um conjunto de hidrociclones com cones de 0.10 a 0.15 m (4 a 6 pol.) é capaz de separar as partículas de areia maiores que cerca de 20 a 40  $\mu$ m. Tamanhos de partículas de baritina que seriam eliminadas juntamente com os sólidos indesejáveis é bem menor. Por esta razão, não se emprega este equipamento em fluidos adensados. O que se usa normalmente é uma combinação em que o descarte é processado em telas de 200 a 250 mesh, recuperando a baritina. A este conjunto denomina-se Mud Cleaner. Obviamente, ao recuperar a baritina, sólidos indesejáveis também permanecem no sistema. Desta forma, o sistema extrator de sólidos que não possua centrífuga reteria as partículas menores que cerca de 74  $\mu$ m, no caso de um fluido adensado, e menores que cerca de 20 a 30  $\mu$ m, dependendo dos cones do dessiltador, no caso de um fluido não adensado. Com uso da centrífuga estes valores podem ser consideravelmente reduzidos, conforme se verá a partir dos resultados experimentais deste trabalho.

No caso de sistemas adensados, o custo relativo da baritina pode suplantar muitas vezes o da fase líquida do fluido de perfuração, razão pela qual sugere-se o emprego de centrífuga para recuperar a baritina. Sem considerar o aspecto

ambiental, pode ser mais econômico recuperar a baritina e descartar a fase fluida já em fluidos medianamente adensados. Como este aspecto não pode ser simplesmente negligenciado, torna-se necessária uma segunda centrifuga para a recuperação da fase fluida. A economia aqui é ainda discutível e não será abordada neste trabalho. Subsídios são dados, a partir das curvas de eficiência individual de coleta de sólidos leves e baritina, para aprofundamento posterior, no que se refere aos parâmetros a ser empregados nos equipamentos. Encontra-se também, no trabalho de Thurber [34], uma discussão sobre este aspecto.

A viabilidade de emprego de centrifugas em sistemas de fluidos não adensados é aparente.

O cálculo da economicidade pelo emprego da centrifuga pode ser derivado de um raciocínio simples: o volume de fluido de perfuração novo, necessário para manutenção do volume dos tanques do sistema, tendo-se, ao final de um dado período, o mesmo teor de sólidos que se teria se naquele período de tempo a centrifuga fosse empregada, deduzindo-se daí o custo do aluguel do equipamento, inclusive quando em "stand-by", e o custo do volume de fluido isento de sólidos que é perdido junto ao descarte do equipamento. A fórmula básica para os estudos da economicidade com um fluido não-adensado segue:

$$\begin{aligned} \text{Economia diária} &= (\text{Volume necessário para manter sólidos sem} \\ &\quad \text{o emprego da Centrifuga}) \cdot \text{Custo Fluido} - \\ &\quad (\text{Volume a repôr, com uso de Centrifuga}) \cdot \\ &\quad \text{Custo do Fluido} - (\text{Aluguel do Equipamento}) \end{aligned}$$

Devem-se considerar ainda os custos ambientais que deixam de ser produzidos ao evitar-se o descarte do efluente líquido dos hidrociclones.

Thurber [34] apresenta dois gráficos exemplificando a economia pelo uso da centrífuga na recuperação dos descartes de hidrociclone e durante a perfuração de um poço, dados o diâmetro e taxa de penetração. Desta forma, confirma-se que é possível obter uma real economia pelo emprego de centrífuga em fluidos não adensados.

Estes dados devem ser encarados cuidadosamente quando se considera que a centrífuga pode ficar em disponibilidade por grandes períodos em uma sonda de perfuração, o que reduz a economia. Os dados devem ser tratados de forma estatística, com base na documentação de sondas, quando então se pode ter uma precisa idéia em termos de valores numéricos. Esta é a razão pela qual eles não foram aqui apresentados.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DE PARTÍCULAS SUSPENSAS EM LÍQUIDOS

##### 3.1.1 IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO

A caracterização das partículas, ou seja, a descrição das propriedades primárias das partículas de um sistema particulado, é a base de qualquer estudo em tecnologia de separação sólido-líquida. As propriedades primárias tais como a distribuição de tamanhos, forma, densidade, área superficial e outras, juntamente com as propriedades reológicas e densidade do líquido e outras características do sistema como concentração e estado de dispersão, governam propriedades secundárias como permeabilidade de um leito sólido, resistência de uma torta filtrante e, especialmente para o sistema ora em estudo, velocidade de sedimentação das partículas no meio fluido.

Conhecimento destas propriedades é essencial para o projeto e operação de equipamentos de separação sólido-líquida.

##### 3.1.2 TIPOS DE DISTRIBUIÇÃO E DIÂMETROS

Como propriedade primária fundamental no estudo de sedimentação de partículas em fluidos, significância especial deve ser dada ao tamanho de partícula. Muitas definições para esta propriedade podem ser encontradas na literatura, como o

diagrama apresentado por Lloyd e Ward [18] e modificado por Svarovsky [33], onde, apenas para exemplificar, têm-se:

SÍMBOLO	NOME	PROPR. EQUIVALENTE EM UMA ESFERA
$D_v$	Diâm. Volumétr.	Volume
$D_s$	Diâm. Superfic.	Superfície
$D_{st}$	Diâm. de Stokes	Diâmetro de uma esfera com mesma velocidade de queda da partícula
$D_{\#}$	Diâm. Peneira	Passagem pela abertura da tela

Tabela 1 - Exemplos de Definições de Diâmetros.

Desta forma, inúmeros diâmetros podem ser definidos e darão diferentes valores numéricos para quantificar uma mesma propriedade.

Da mesma forma como se definem diferentes diâmetros, podem-se distinguir diferentes tipos de distribuições para estes diâmetros, quais sejam:

\*Distribuição de tamanhos de partículas por número:

$$f_N(D_p)$$

\*Distribuição de tamanhos de partículas por superfície:  $f_S(D_p)$

\*Distribuição de tamanhos de partículas por massa (ou volume):  $f_M(D_p)$

Estas distribuições estão interrelacionadas, mas a conversão de uma para outra somente é possível quando o fator de forma é constante, isto é, a forma da partícula independe do tamanho. As seguintes relações mostram a base para tais conversões:

$$f_S(D_p) = k_1 D_p^2 f_N(D_p) \quad (01)$$

$$f_M(D_p) = k_2 D_p^3 f_N(D_p) \quad (02)$$

As constantes contêm um fator de forma que pode ser função do tamanho; isto faz com que seja impossível a conversão sem o conhecimento completo desta dependência. Se a forma das partículas não varia com o tamanho, as constantes podem ser encontradas facilmente, pois, pela definição de distribuição em frequência:

$$\int_0^{\infty} f(D_p) dD_p = 1 \quad (03)$$

Desta forma, integrando-se ambos os membros das equações de conversão, considerando a expressão acima e empregando uma técnica de integração numérica adequada, pode-se determinar a constante desejada.

Deve-se, entretanto, evitar tal técnica em vista dos erros inerentes. O ideal é que se tenha uma técnica de análise compatível com a aplicação. Por exemplo, no caso de separação gravimétrica, como a que ocorre em uma centrífuga, a distribuição de partículas por massa é desejável.

Os dados de distribuição obtidos podem então ser apresentados sob diversas formas e tanto analiticamente como por meio de uma tabela ou diagrama. As distribuições são dadas como frequência  $f(D_p)$  ou acumuladas (abaixo ou acima de determinado diâmetro),  $F(D_p)$ , dadas como fração ou porcentagem.

Existe uma correspondência entre ambas e que é dada

por:

$$F(D_p) = \int f(D_p) dD_p \quad (04)$$

Também pode-se obter  $f(D_p)$  por meio da diferenciação da curva de  $F(D_p)$ .

A figura a seguir mostra a forma típica das curvas mencionadas.

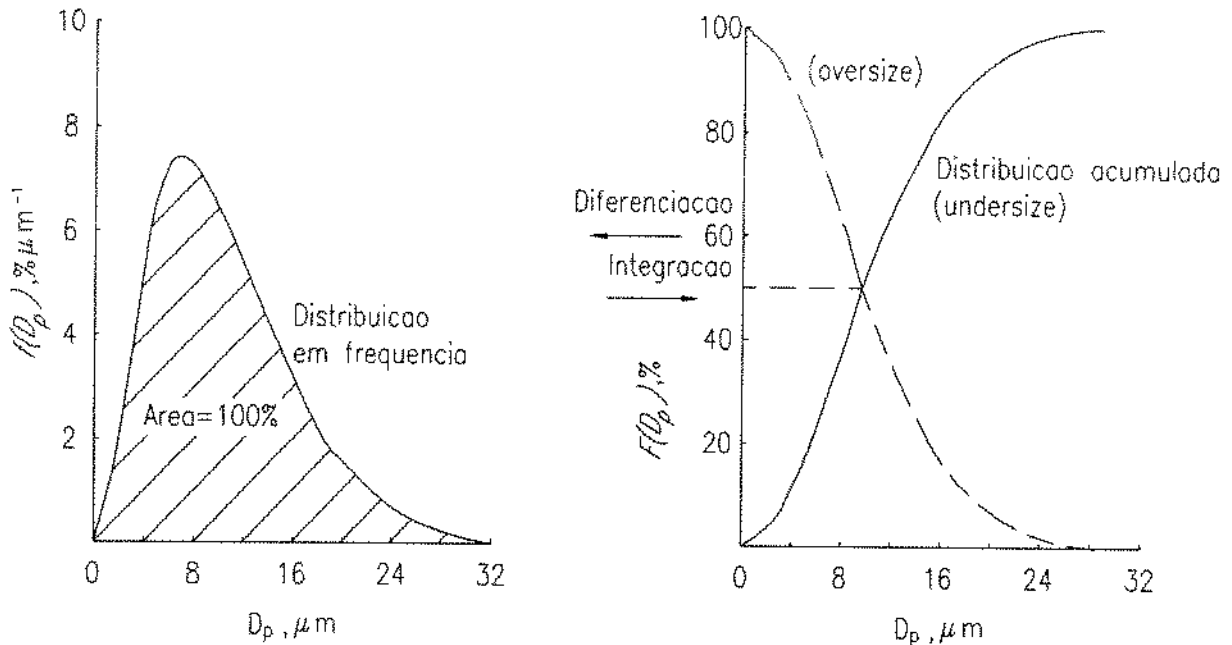


Fig.2 - Distribuições em frequências e acumuladas.

Freqüentemente os equipamentos de análise dão curvas de distribuição acumulada. A diferenciação é desnecessária; no entanto, visto que os dados requeridos para os cálculos de eficiência individual de coleta ou de diâmetros médios, como será visto em 3.1.3, podem ser obtidos diretamente das curvas de distribuição acumulada. As distribuições em frequência são importantes todavia por darem a ilustração do espectro de tamanhos envolvidos.

Atualmente, com o emprego dos computadores, tornou-se

mais conveniente ajustar curvas aos pontos experimentais de distribuição. É muito mais fácil, por exemplo, avaliar tamanhos médios de funções analíticas do que de dados isoladamente. Dentre as funções de ajuste disponíveis, citam-se como funções a dois parâmetros a curva de distribuição normal, a log-normal e Rosin-Ramler [33]. Existem também os ajustes a três parâmetros. Como exemplo tem-se a equação de Harris [13], que o autor mostra englobar os casos mais amplamente divulgados de equações a dois parâmetros.

### 3.1.3 DEFINIÇÕES BÁSICAS E EQUAÇÕES PARA BALANÇO MATERIAL

Considere-se a figura abaixo onde é representado um equipamento genérico separador sólido-líquido. As três correntes importantes são: alimentação (A), efluente (E) e descarte (D). Para cada uma delas, temos:

M é a vazão em massa de sólidos ( $\text{Kg.s}^{-1}$ );

$dF(D_p)/dD_p$  a distribuição de tamanhos de partículas, dada em frequência ( $\mu\text{m}^{-1}$ );

Q é a vazão volumétrica da cada corrente ( $\text{kg.s}^{-1}$ ).

$\rho$  é a massa específica da corrente ( $\text{Kg.m}^{-3}$ )



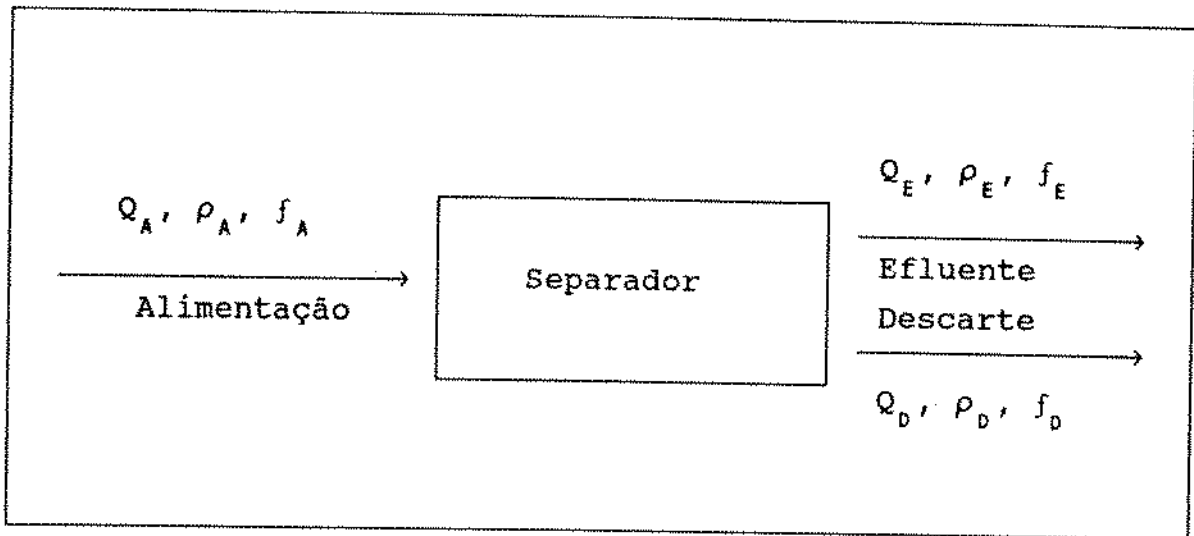


Fig 3 - Diagrama Esquemático de um Separador.

Desde que não haja acúmulo de massa no equipamento, a equação de balanço leva a:

$$M_A = M_D + M_E \quad (05)$$

Para as partículas de determinado tamanho tem-se:

$$M_A \frac{dF_A}{dD_P} = M_D \frac{dF_D}{dD_P} + M_E \frac{dF_E}{dD_P} \quad (06)$$

Define-se como eficiência global ou total:

$$ET = \frac{M_D}{M_A} \quad (07)$$

Pode-se, portanto, escrever a equação de balanço em termos desta eficiência total (ou global):

$$\frac{dF_A}{dD_p} = ET \frac{dF_D}{dD_p} + (1-ET) \frac{dF_E}{dD_p} \quad (08)$$

Por meio da integração desta última equação pode-se obter a seguinte importante expressão:

$$F_A(D_p) = ET F_D(D_p) + (1-ET) F_E(D_p) \quad (09)$$

Esta equação permite obter-se qualquer uma das distribuições uma vez conhecidas as duas outras e a eficiência total. Ela também é base para a análise de erros de distribuições na forma:

$$ET = \frac{F_A(D_p) - F_E(D_p)}{F_D(D_p) - F_E(D_p)} \quad (10)$$

Desta forma, um gráfico onde o eixo das ordenadas seja dado pelo membro direito da equação acima e com  $D_p$  nas abcissas deve ajustar aproximadamente um valor constante ET.

Com base nas equações apresentadas pode-se finalmente definir uma importante grandeza denominada eficiência individual de coleta,  $(G(D_p))$ , dada por:

$$G(D_p) = \frac{(M_D)_{D_p}}{(M_A)_{D_p}} \quad (11)$$

Com base nas equações para as distribuições têm-se:

$$G(D_p) = ET \frac{dF_D}{dF_A} \quad (12)$$

$$G(D_p) = 1 - (1-ET) \frac{dF_E}{dF_A} \quad (13)$$

$$G(D_p) = 1 + \left( \frac{1}{ET} - 1 \right) \frac{dF_E}{dF_D} \quad (14)$$

A eficiência individual foi definida como a eficiência de um separador para um material de tamanho único. Como em uma corrente de alimentação do equipamento a distribuição envolve infinitos tamanhos, tem-se na verdade uma função eficiência individual de coleta de partículas.

Embora não tenha sido empregada neste trabalho, a fórmula apresentada por Kelsall [14] e mostrada a seguir, permite a correção da curva de eficiência individual de coleta em vista do fluxo morto ou "efeito T". Mesmo que não ocorra separação por tamanhos, uma eficiência gravimétrica igual à relação entre vazão de efluente e de alimentação é obtida:

$$G'(D_p) = \frac{G(D_p) - R_L}{1 - R_L} \quad (15)$$

Onde  $R_L = Q_D / Q_A$  (16)

Gibson [10] denominou o primeiro valor apresentado de eficiência individual de coleta efetiva, enquanto a corrigida é a chamada eficiência individual de coleta modificada.

Este valor explica por que a curva não parte de um valor nulo de eficiência individual de coleta quando o diâmetro de partícula tende a zero e ocorre em equipamentos que possuem uma entrada e duas saídas como os hidrociclones.

A análise das curvas de eficiência individual de coleta, em anexo nesta tese, indicam a possibilidade de ocorrência de "efeito T", mas sua existência não é tão óbvia como nos hidrociclones: é que, embora tendo uma entrada e duas saídas também, o fluxo de alimentação não se reparte na realidade, uma vez que todo o líquido escoar para a saída de efluente. O que ocorre é que uma parte do líquido é transportada junto pela hélice para a saída de sólidos.

A metodologia apresentada por Svarovsky [33] e confirmada por Gibson [10], emprega diretamente as curvas de distribuição acumuladas apresentadas pelo analisador, evitando a necessidade de conversão para distribuição em frequência.

Dependendo de qual das três fórmulas apresentadas se empregue, faz-se necessário plotar duas das três possíveis distribuições em um gráfico onde as derivadas são então diretamente encontradas. Seguindo as recomendações dos autores, um programa computacional foi montado e que acha as inclinações por meio de sucessivos ajustes de parábolas a cada três pontos e diferenciação no ponto central. Os resultados dos exemplos apresentados por Gibson e por Svarovsky foram reproduzidos, o que validou o método. O programa desenvolvido no presente trabalho foi também empregado para os 242 grupos de dados experimentais de Thurber [34], demonstrando perfeita reprodução de seus resultados.

Esta metodologia foi empregada para os pontos experimentais gerados neste trabalho e mostra-se uma ferramenta poderosa para avaliação e modelagem dos equipamentos: as curvas de eficiência individual de coleta, indicando o diâmetro de corte médio em cada teste, permitem distinguir dentre vários testes uma hierarquia de eficiência, o que proporciona o conhecimento não apenas da combinação de parâmetros mecânicos e reológicos que levam a melhores separações, mas também uma ilustração dos diâmetros envolvidos, quando analisada juntamente com as curvas de distribuição geradas pelo analisador de partículas.

### 3.2 DESENVOLVIMENTOS DA LITERATURA PARA SISTEMAS PARTICULA-FLUIDO

#### 3.2.1 FORMULAÇÃO CLÁSSICA - FLUIDOS NEWTONIANOS

Considere-se uma partícula sólida e esférica em queda num meio fluido infinito.

O estudo da fluidodinâmica deste sistema requer a solução da equação que dá a força de arraste sobre a partícula

$$F_D = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \left( p|_{r=R} \cos\theta \right) R^2 \sin\theta d\theta d\phi + \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \left( \tau_{r\theta} |_{r=R} \right) \sin^2\theta R \sin\theta d\theta d\phi \quad (17)$$

equação esta formulada para um sistema esférico de coordenadas, onde o primeiro termo se refere ao arraste devido à forma, enquanto o segundo é o arraste devido à fricção. Ela

é válida tanto para fluidos Newtonianos como não-Newtonianos na forma como foi definida.

A obtenção dos termos em  $p$  e  $\tau$  nas integrais é feita mediante a solução do sistema de equações diferenciais do movimento e condição de continuidade para uma dada equação constitutiva do comportamento do fluido (relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação). Ocorre que tal sistema é fortemente não linear e sua solução exata só pode ser obtida quando se consideram desprezíveis os termos inerciais quando comparados aos viscosos. Tal situação ocorre em baixos números de Reynolds e foi resolvida por Stokes [16] há mais de um século, sendo dada por:

$$F_D = 6 \pi \mu R v + \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g \quad (18)$$

Nesta expressão, o primeiro termo no membro à direita é a contribuição viscosa; o segundo, a contribuição do empuxo.

Normalmente o coeficiente de arraste é definido como:

$$\vec{f} = \frac{1}{2} \rho \|\vec{u} - \vec{v}\|^2 A C_D \frac{(\vec{u} - \vec{v})}{\|\vec{u} - \vec{v}\|} \quad (19)$$

Substituindo-se nesta expressão o valor obtido por Stokes para a contribuição viscosa, obtém-se uma forma bastante conhecida:

$$C_D = 24 / Re \quad (20)$$

Considerando-se então a equação do movimento para a partícula isolada:

$$\rho_s \frac{d\vec{v}}{dt} = \left( \rho_s - \rho \right) \vec{g} + \frac{\vec{f}}{\text{Vol.}} \quad (21)$$

A substituição da componente cinética do vetor força resistiva, dada por (19), conduz à expressão para  $C_D$ :

$$C_D = \frac{4}{3} g \frac{D_p (\rho_s - \rho)}{\rho (\vec{u} - \vec{v})^2} \quad (22)$$

Esta última expressão é geral, independentemente do regime específico de sedimentação da partícula ou tipo de fluido.

Sendo o número de Reynolds dado por:

$$\text{Re} = \frac{\rho \|\vec{u} - \vec{v}\| D_p}{\mu} \quad (23)$$

Quando se substitui este valor na equação (20), obtém-se o clássico resultado válido para  $\text{Re} < 1$ :

$$U_{sT} = \frac{D_p^2 g (\rho_s - \rho)}{18 \mu} \quad (24)$$

Onde  $U_{sT} = \|\vec{u} - \vec{v}\|$  (25)

Desde o início deste século, diversas equações empíricas surgiram procurando estender a aplicabilidade deste estudo a faixas de número de Reynolds superiores ou considerando partículas não esféricas [23,25].

### 3.2.2 EXTENSÃO PARA FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS

Encontra-se no trabalho de Laruccia [16] uma extensa revisão bibliográfica acerca de correlações existentes para fluidos não-Newtonianos, específicas para determinados modelos reológicos.

Neste trabalho é empregado o enfoque original de Massarani e Silva Telles [20] que procura estudar a fluidodinâmica das partículas sólidas sem preocupação com um modelo reológico para correlacionar a função reológica com taxa de deformação. Desta forma, caracteriza-se o fluido por sua viscosidade aparente a cada taxa de deformação.

Este fator é que torna esta uma formulação geral; entretanto, no sentido de facilitar a manipulação dos dados por meio de programas computacionais, modelos específicos serão empregados, particularizando-se, então.

Neste enfoque, para o estudo da dinâmica da partícula isolada no seio do fluido, são formuladas as hipóteses:

- A partícula é caracterizada por sua densidade  $\rho_s'$ , diâmetro equivalente a uma esfera  $D_p$  e esfericidade  $\phi$ ;
- O fluido é caracterizado por sua densidade  $\rho$  e pela função reológica tensão cisalhante  $\tau = \tau(\dot{\gamma})$ ;
- A taxa de deformação, grandeza cinemática, tem uma dependência funcional dada por  $\dot{\gamma} = \dot{\gamma}(D_p, \phi, U)$ .

Partindo do teorema fundamental da análise dimensional, e utilizando o método das assíntotas de Churchill [05], os citados autores chegaram até uma correlação para o coeficiente de arraste, válida em regime laminar.



Posteriormente, Laruccia [16] estendeu o limite de validade desta correlação para os regimes intermediário e turbulento, validando sua expressão com dados de diversos autores. Isto confere confiabilidade a sua expressão. A correlação é a seguinte:

$$C_D = \left[ \left( \frac{24 \Omega(\phi)}{Re_{gen}} \right)^m + \left( X(\phi) \right)^m \right]^{1/m} \quad (26)$$

Sendo

$$Re_{gen} = \frac{\rho U D_p}{(\tau/\dot{\gamma})} = \frac{\rho U D_p}{\mu_{ef}}$$

$$\Omega(\phi) = 1.65 - 0.65\phi$$

$$\Theta(\phi) = -3.45\phi^2 + 5.25\phi - 1.41$$

$$\dot{\gamma} = \frac{U \Theta(\phi)}{D_p}$$

$$X(\phi) = 108.7 e^{-5.53\phi}$$

$$m(\phi) = 2.288 - 0.827\phi$$

Válida para  $0.5 < \phi \leq 1$ , onde " $\phi$ " é a esfericidade da partícula.

Nesta expressão aparece a função reológica Tensão Cisalhante  $\tau(\dot{\gamma})$ . Neste trabalho, por facilidade computacional, duas expressões são empregadas para  $\tau$ :

$$\tau = k \cdot (\dot{\gamma})^n \quad \text{Modelo Power Law de Ostwald de Waele} \quad (27)$$

$$\tau = \tau_0 + k (\dot{\gamma})^n \quad \text{Modelo de Herschel-Bulkley} \quad (28)$$

### 3.2.3 EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS OU DE POPULAÇÃO

O chamado efeito populacional está relacionado com uma força extra que retarda o movimento de partículas em meios viscosos. As próprias mudanças nas condições de contorno, "vizinhanças", podem explicar este efeito. Devido às dificuldades de soluções analíticas ou numéricas, tal estudo é realizado de forma empírica.

A correlação empregada nos cálculos deste trabalho é a conhecida expressão de Richardson e Zaki [26] modificada por Laruccia [16] para considerar fluidos Não-Newtonianos em diversos regimes de escoamento. Ela será apresentada oportunamente com o desenvolvimento dos modelos no capítulo 4.

## 4 ASPECTOS TEÓRICOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Há mais ou menos 35 anos a centrífuga foi introduzida em campos de petróleo e ainda hoje discutem-se modelos e métodos de avaliação de seu desempenho. Comumente se avaliam centrífugas pela sua capacidade, sem considerar a quantidade de sólidos secos removidos que será menor quanto maior for o diâmetro de corte. Outras vezes, pela secagem da torta, o que pode levar a resultados desastrosos, uma vez que a umidade retida nos sólidos extraídos é mais uma função da granulometria (área superficial) e tipo de sólidos.

Este trabalho foi concebido originalmente para estudo do funcionamento e de teorias existentes acerca da performance de centrífugas. A proposta de um modelo para previsão de desempenho surgiu naturalmente da compreensão do processo e verificação de falhas em modelos existentes.

### 4.2 MODELOS MATEMÁTICOS DISPONÍVEIS NA LITERATURA

A primeira real tentativa de tentar relacionar a performance de centrífugas geometricamente similares surgiu com Ambler [01] em 1952, originando-se o conceito Sigma ( $\Sigma$ ). Existem diversas maneiras de ilustrar este conceito que fica claro quando se considera um fluido Newtoniano e a velocidade de queda em campo centrífugo de uma partícula isolada:

$$U_{sTC} = \frac{\omega^2 r (\rho_s - \rho) D_p^2}{18\mu} \quad (29)$$

Substituindo nesta expressão a velocidade  $U_{sTC}$  por seu valor dado em termos de derivada da distância radial com tempo e integrando desde  $r_0$  (distância do centro de rotação até a superfície livre líquida) até  $r_1$  (distância do centro de rotação até a espessura da camada líquida móvel), obtém-se:

$$t_s = \frac{18\mu}{\omega^2 (\rho_s - \rho) D_p^2} \ln \frac{r_1}{r_0} \quad (30)$$

Para a partícula limite de separação,  $D_{100}$ , aquela que tem 100% de chances de ser capturada (obviamente todas as partículas maiores que ela também o serão):

$$t_s = \frac{\text{Vol.}}{Q} \quad (31)$$

Onde Vol é o volume de líquido onde ocorre separação (nem sempre o volume interno de líquido do equipamento) e Q a vazão.

Inserindo-se a constante gravitacional:

$$Q = \left( \frac{\omega^2 \text{Vol.}}{g \ln(r_1/r_0)} \right) \left( \frac{g (\rho_s - \rho) D_p^2}{18\mu} \right) \quad (32)$$

Note-se que, na expressão acima, o primeiro termo contém apenas parâmetros da máquina, enquanto que o segundo é a lei de Stokes em campo gravitacional. O primeiro termo é definido como  $\Sigma$ . Assim:  $Q = \Sigma U_{sT}$  e dois equipamentos, ou um

mesmo ,em condições operacionais diferentes, podem ser avaliados para um mesmo tipo de fluido por  $Q_1/\Sigma_1 = Q_2/\Sigma_2$ .

A um maior valor de  $\Sigma$  corresponderá maior capacidade. Vê-se que esta expressão permite o cálculo do diâmetro limite, uma vez conhecida a vazão e parâmetros mecânicos.

Realmente, o conceito poderá ser aplicado, desde que se empregue uma expressão correta para a velocidade da partícula. O que normalmente se usa é o modelo Newtoniano, o que conduz, segundo a literatura, a resultados otimistas [09]. Ambler [01] procurou explicar os resultados otimistas de seu modelo pelo fato de as partículas nunca atingirem uma velocidade constante, uma vez que elas são constantemente aceleradas em raios cada vez maiores. Göesele [12] demonstrou, todavia, que esta influência é desprezível no âmbito usual de tamanhos de partículas de interesse.

Baseado totalmente no conceito de  $\Sigma$ , o modelo de Trawinski [36] é uma adequação do conceito, sem correções, à centrífuga de corpo cilíndrico-cônico e data de 1959.

Um dos trabalhos mais completos que merece citação é de Framptom [09] , de 1963. Neste trabalho, ele introduz ao conceito  $\Sigma$  diversas correções a saber:

- \* A existência de um perfil parabólico em vez de pistão reduz o valor de  $\Sigma$  (isto é, aumenta o diâmetro limite);

- \* Redução do raio do tambor pelo material sólido depositado;

- \* Redução do volume pela presença física da rosca;

- \* Correções empíricas para turbulência, etc.

Nesterowitsch, Gelperin e Schkoropad [22], introduzem

em seu modelo a existência de uma camada de fluido semi-estática junto ao rotor e obtêm resultados que, como os de Framptom, mostram também valores pessimistas. Eles lançam mão de números adimensionais em sua formulação (1967).

Foram plotadas curvas específicas para testes realizados com uma centrífuga de laboratório por Faust [08], onde os parâmetros empregados foram:  $L_1 = 0,4$  m;  $L_2 = 0,08$  m;  $r_1 = 0,125$  m;  $r_0 = 0,11$  m;  $\omega_1 = 250,6$  s<sup>-1</sup>;  $\mu = 0,001$  Kg/(m.s);  $(\rho_s - \rho) = 1,75 \times 10^3$  Kg/m<sup>3</sup>,  $B = 0,05$  m;  $\Delta h = 0,004$  m. Elas são vistas na seguinte figura, juntamente com as curvas de dois modelos propostos pelo mesmo autor: o primeiro, procurando adaptar o conceito  $\Sigma$  à geometria real de escoamento na centrífuga, corrigido para efeitos de escorregamento de rosca, camada móvel fina e efeito populacional, mostra que o conceito  $\Sigma$  pode ser realmente preciso;

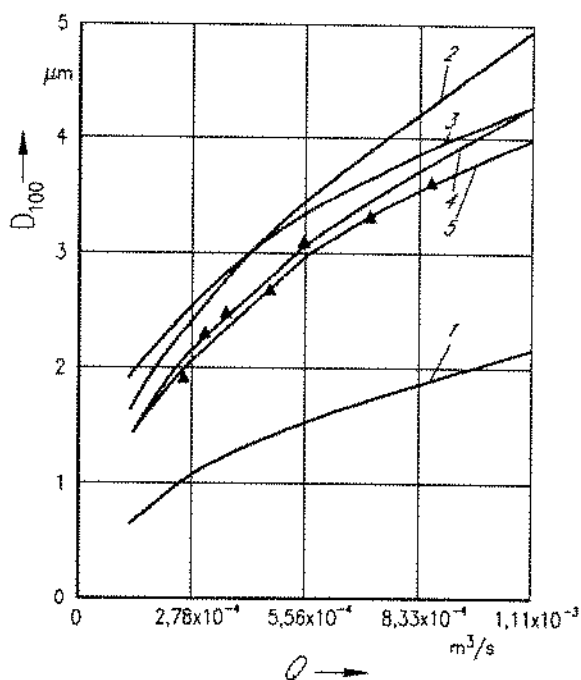


Fig.4 - Modelos para Fluidos Newtonianos.

o segundo modelo, procurando o estabelecimento do perfil de velocidades através da solução das equações de continuidade e de Navier-Stokes, mostra igualmente uma boa concordância com os resultados experimentais.

As curvas referem-se aos modelos citados no texto:

Curva 1 - Modelo de Trawinski [36]

Curva 2 - Modelo de Framptom [09]

Curva 3 - Nesterowitsch, Gelperin e Schkoropad [22]

Curva 4 - Modelo simplificado (1) de Faust [08]

Curva 5 - Modelo elaborado (2) de Faust [08].

Cabe salientar que todos estes modelos foram baseados em fluidos Newtonianos e que estes fluidos foram realmente usados nos experimentos (suspensão de carbonato de cálcio em água). A literatura é extremamente pobre em estudos empregando fluidos não-Newtonianos. O único que se conseguiu localizar até o momento é o de Thurber [34]. O detalhe deste trabalho foi a tentativa de obter a curva completa de eficiência individual, contestando os trabalhos em que se procura apenas o diâmetro limite ou o de corte (50%). Isto foi tentado também aqui, mas as evidências demonstram as extremas dificuldades para tal. Em vista de possíveis fenômenos interferentes e erros de análise, é mais interessante procurar-se apenas um ou dois pontos da curva, preferencialmente com diâmetros elevados.

A literatura cita como fenômenos interferentes:

\* Efeitos de aglomeração e desaglomeração: ocorrem constantemente no corpo do equipamento. Faust [07], cita este fenômeno como o responsável pela eficiência individual mais

elevada para pequenas partículas, e que não pode ser explicada exclusivamente pelo "efeito T". O fenômeno de desaglomeração ocorre nas turbulências existentes no escoamento dentro do equipamento. A figura a seguir, retirada do trabalho de Faust [08], ilustra o fenômeno.

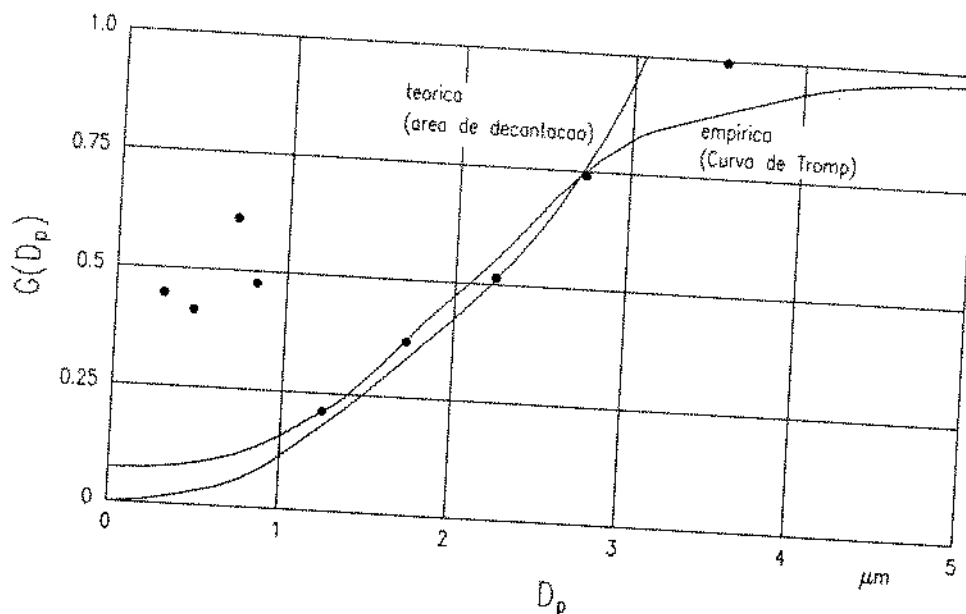


Fig.5 - Curva de Eficiência Individual de Coleta com Fenômeno de Aglomeração de Partículas.

Este fenômeno pode não ser real, no entanto: poderia ser originado em erros da metodologia de contagem de partículas, conforme está exposto no capítulo 7 do presente trabalho.

\* Resuspensão de sedimentos: este fator é extremamente sensível em baixas alturas de piscina. Conforme se verá adiante, os modelos teóricos prevêem uma maior eficiência em caso de baixas alturas de piscina, por ser a força centrífuga média maior; entretanto, as experiências mostram o contrário.



Este fato só pode ser explicado pela teoria proposta por Stahl e Langeloh [32] onde, computando-se a força resultante sobre uma partícula já sedimentada, calcula-se a possibilidade de resuspensão da mesma, conforme a massa e o coeficiente de atrito para o material.

Esta abordagem sugere um interessante tema de estudo: determinação da altura de piscina que permite maior eficiência. Deve-se entretanto considerar que, à medida em que se reduz a altura da piscina, a máxima vazão de operação fica comprometida, pois aumenta o comprimento da praia (seção cônica) e, conseqüentemente, o torque exercido na máquina.

Cabe ainda mencionar o modelo de Khalas, Polinski e Teresh [15] pela peculiaridade de procurar calcular diretamente a vazão mássica de sólidos sedimentados, apresentando cálculos elegantes, mas difíceis de aplicar, pois pressupõem o conhecimento de uma altura inicial de sólidos, difícil de se acessar e desconsidera a turbulência.

Finalmente, o modelo de Schnittger [30], considerando camada móvel como uma camada-limite escoando em canal aberto, salienta-se por, além de sugerir um perfil para o escoamento, considerar a possibilidade de se conhecer, em cada ponto do fluido, a velocidade das partículas, mediante a solução da equação da continuidade para os sólidos. Desta forma, o efeito populacional pode ser precisamente quantificado.

#### 4.3 MODELOS PROPOSTOS PARA FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS

A análise anterior permite concluir que, dentre os

modelos estudados para fluidos Newtonianos, os de Faust [08] apresentaram excelentes resultados. Baseados nestes, foram propostos dois modelos que diferem entre si pelo tipo de perfil de escoamento existente: perfil tipo pistão e perfil para um fluido Power Law de Ostwald de Waele, cujo modelo mostra-se adequado para descrição do fluido empregado nos testes e bem mais simples de lidar matematicamente que o modelo de Herschel-Bulkley, de melhor ajuste.

#### 4.3.1 MODELO SIMPLIFICADO (FLUXO PISTONADO)

As equações básicas empregadas no modelo são:

Equação para o comprimento real de percurso do fluido

$$L = w_k [ (2 \pi r_m)^2 + s^2 ]^{1/2} \approx w_k 2 \pi r_m \quad (33)$$

Equação para o raio médio:

$$r_m = \frac{r_1 + r_0}{2} \quad (34)$$

Dependendo do conceito usado na modelagem,  $r_1$  poderá assumir os valores:

- $r_1 = r_1$  considerando móvel todo o volume líquido.
- $r_1 = r_0 + h/2$  com diferença de velocidade positiva.
- $r_1 = r_0 + h/4$  com diferença de velocidade negativa.

Velocidade relativa fluido-canal:

$$v_{rel} = Q / ( i B ( r_1 - r_0 ) ) \quad (35)$$

Correção para efeito populacional por Richardson e Zaki [27], modificado por Laruccia [16], válida para fluido não-Newtoniano.

$$U_{CORR} = U_{SC} ( 1 - v_s )^{ix} \quad (36)$$

onde  $ix = 4.693 Re_{gen}^{-0.111}$

e onde  $Re_{gen}$  já foi apresentado no capítulo 3.

Analisando o algoritmo apresentado para o modelo, percebe-se sua semelhança com o conceito  $\Sigma$ , modificado pela correção de efeito populacional, emprego de um caminho real para o fluido e uso de uma expressão mais adequada para  $U_{sc}$ .

#### ALGORÍTIMO MODELO SIMPLIFICADO

- 1- Entrada dos dados: parâmetros mecânicos da máquina, reologia e dados do fluido, dados dos sólidos;
- 2- Cálculo do raio médio para a lâmina de fluido - fórmula (34);
- 3- Cálculo do comprimento do percurso - fórmula (33);
- 4- Cálculo da velocidade relativa fluido-canal - fórmula (35);
- 5- Cálculo do tempo de permanência do fluido (que, por hipótese, será igual ao tempo de queda da partícula limite) - das fórmulas (33) e (35);

6- Determinação da velocidade de sedimentação da partícula limite em função da altura de fluido;

7- Determinação do diâmetro da partícula limite, considerando o efeito populacional e fórmula da velocidade de sedimentação do modelo escolhido para a descrição do fluido.

8- Estimativa do diâmetro de corte através da consideração de que a velocidade desta partícula seja metade daquela para a partícula limite ou do conceito de equivalência de áreas.

#### 4.3.2 MODELO ELABORADO (PERFIL POWER LAW)

Seja o modelo reológico de Ostwald de Waele:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (37)$$

Seja um sistema de coordenadas cilíndricas o mais apropriado para a geometria de uma centrífuga:  $(r, \phi, z)$ .

Seja a simplificação proposta para o escoamento helicoidal (para solução do caso genérico ver o exemplo 4.2-5 de Bird Hassager [02]) para um escoamento tangencial ao considerar desprezível a velocidade radial e muito pequena a velocidade axial frente à tangencial. Esta suposição simplifica muito o problema e é viável: para o caso da centrífuga empregada nos testes, onde o ângulo de passo é da ordem de 6.5 graus, a componente tangencial da velocidade será da ordem de 99% da velocidade relativa fluido/canal formado por rosca e parede interna do tambor, sendo, portanto,

desprezível a componente axial da mesma.

Pela equação da continuidade, para esta geometria, o tensor deformação simplifica-se para:

$$D_{r\varphi} = D_{\varphi r} = \frac{1}{2} \left( r \frac{d}{dr} \left( \frac{v}{r} \varphi \right) \right) \quad (38)$$

Obtendo-se, assim, para a taxa de deformação:

$$\dot{\gamma} = r \frac{d}{dr} \left( \frac{v}{r} \varphi \right) \quad (39)$$

Finalmente, o tensor tensão para este fluido será:

$$\tau_{r\varphi} = \tau_{\varphi r} = k \left( r \frac{d}{dr} \left( \frac{v}{r} \varphi \right) \right) \quad (40)$$

Nestas condições, a equação de Cauchy [03] se reduz:

$$\text{Componente } r \quad - \rho \frac{v^2}{r} = \frac{\partial p}{\partial r} \quad (41)$$

$$\text{Componente } \varphi \quad 0 = \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \tau_{r\varphi} \right) \quad (42)$$

$$\text{Componente } z \quad 0 = \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z \quad (43)$$

Apenas a componente  $\varphi$  resulta na solução desejada. Mediante a solução da equação diferencial, chega-se à equação para o perfil de velocidades:

$$v_{\varphi} = C_1 + C_2 r^{(1 - 2/n)} \quad (44)$$

Com as condições de contorno:

$$\text{Em } r = r_0 \text{ tem-se } v_{\varphi} = v_{\varphi 0} \quad (45)$$

$$\text{Em } r = r_1 \text{ tem-se } v_{\varphi} = \omega_T r_1 \quad (46)$$

Obtêm-se então para  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{v_{\varphi 0} r_1^{-2/n} - \omega_T r_0 \left(-\frac{2}{n} + 1\right)}{r_0 (r_1^{-2/n} - r_0^{-2/n})} \quad (47)$$

E, para  $C_2$ :

$$C_2 = \frac{\omega_T r_0 - v_{\varphi 0}}{r_0 (r_1^{-2/n} - r_0^{-2/n})} \quad (48)$$

Para obter-se a constante  $v_{\varphi 0}$ , emprega-se a equação da continuidade, considerando o movimento relativo entre o canal composto pela rosca e parede interna do tambor e o fluido.

$$v_{rel} = v_{\varphi} - \omega_s r \quad (49)$$

Como o número de rotações diferenciais entre rosca e tambor é pequeno:

$$v_{rel} = C_1 + C_2 r^{(1-2/n)} - \omega_T r \quad (50)$$

Nesta equação,  $\omega_T$  recebe sinal positivo em caso de diferença de velocidade positiva; negativo, caso contrário. É

que, no primeiro caso, enquanto o fluido se desloca, o canal se move também na mesma direção e, no segundo, ocorre o contrário.

Dessa forma:

$$dQ = i B v_{rel} dr \quad (51)$$

Substituindo o valor da velocidade nesta expressão, é possível obter o valor de  $v_{\varphi 0}$ .

$$v_{\varphi 0} = v_{\varphi 0} ( r_0, r_1, i, B, \omega_r, Q, n ) \quad (52)$$

O modelo proposto pode então ser resumido como:

Determinação do tempo médio de permanência do fluido na centrífuga que, pela suposição de ausência de escorregamento, é o mesmo que o da partícula limite.

$$\bar{t} = \frac{\bar{L}}{\bar{v}_{rel}} \quad (53)$$

Onde:

$$\bar{v}_{rel} = Q / ( i B ( r_1 - r_0 ) ) \quad (54)$$

E:

$$\bar{L} = w_k [ ( 2 \pi \bar{r} )^2 + s^2 ]^{1/2} \quad (55)$$

Para encontrar o valor de  $\bar{r}$ :

$$\bar{v}_{rel} = ( C_1 - \omega_r ) \bar{r} + C_2 \bar{r}^{(1-2/n)} \quad (56)$$

Nesta expressão o  $\bar{r}$  é obtido por método numérico como

o de Newton-Raphson. Só em casos especiais há solução analítica.

Para a sedimentação das partículas dentro da camada móvel pode-se escrever:

$$U_{sc} = \frac{dr}{dt} = U_{sg} \frac{v_{\varphi}^2}{rg} \quad (57)$$

Realiza-se então a integração:

$$t_s = \frac{g}{U_{sg}} \int_{r_0}^{r_1} \frac{rdr}{v_{\varphi}^2} \quad (58)$$

Esta integração pode ser feita analiticamente para alguns valores inteiros de  $n$  (expoente Power Law), mas em geral deve ser resolvida numericamente.

Tem-se então, para a partícula limite de separação:

$$t_s = \bar{t} \quad (59)$$

O seguinte algoritmo é proposto para uso do modelo:

#### ALGORÍTIMO MODELO ELABORADO: PERFIL POWER-LAW

- 1- Obtenção da velocidade  $v_{\varphi 0}$  segundo a fórmula (52);
- 2- Estabelecimento dos raios  $r_0$  e  $r_1$  conforme explicado à fórmula (34);
- 3- Cálculo das constantes  $C_1$  e  $C_2$  pelas fórmulas (47) e (48);
- 4- Cálculo do raio médio pela fórmula (56);



5- Cálculo do tempo de permanência médio do fluido (que, por hipótese, será igual ao tempo de queda da partícula limite) - fórmula (53);

6- Cálculo do tempo de sedimentação da partícula limite de separação pela fórmula (58).

Os passos 7,8 e 9 são idênticos aos 6, 7 e 8 do modelo simplificado.

Além do considerado nestes dois modelos propostos, empregou-se o desenvolvimento similar ao de Svarovsky [33], o qual considera a velocidade de sedimentação como função do raio (e não calculada simplesmente em um raio médio). Esta influência será analisada no capítulo 6.

#### 4.3.3 REGIME REAL DE FLUXO

Não obstante o desenvolvimento anterior dos modelos conduzir a resultados elegantes, não se questionou sobre a possibilidade de ser o escoamento turbulento na prática.

Em nenhum dos trabalhos consultados encontrou-se menção relativa a este fato. Uma análise pode ser realizada com os dados reais, empregando o equacionamento de Dodge-Metzner [06], aplicado ao fluido de Ostwald de Waele:

$$Re = \left[ D_H^n \bar{v}_{rel}^{2-n} \rho/k \right] \left[ 3 + (1/n) \right]^n 2^{3-n} \quad (60)$$

Onde o  $D_H$  é considerado como a altura de fluido no canal aberto de escoamento,  $k$  e  $n$ , parâmetros do modelo reológico e a transição é definida pelos autores entre 2100 e

3100. Este valor para a transição é muito questionável, no entanto.

Uma simulação foi feita para os casos reais envolvidos neste trabalho e os resultados indicam ser o regime realmente laminar quando se considera que todo o volume de fluido realmente escoe. Apenas em poucos casos, em altas vazões, baixas reologias e baixas alturas de piscina é que o escoamento será definido como turbulento. No entanto, ao introduzir-se o conceito de camada móvel de escoamento, muitos casos passam a comportar-se como turbulentos.

Embora estas considerações, deve-se levar em conta os resultados experimentais de Faust [08], que nada informam sobre a existência de turbulência no escoamento, quando os cálculos com seus dados indicam esta possibilidade.

No capítulo 6 são desenvolvidos modelos que consideram perfis para o escoamento, objetivando a análise de sua influência nos resultados dos mesmos.

## 5 MONTAGEM E OBTENÇÃO DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS COM CENTRÍFUGA INDUSTRIAL

### 5.1 MONTAGEM DA UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental consistiu basicamente de uma centrífuga Giusti GMCS 2013, montada em sua base sobre um tanque típico de sonda de perfuração, onde foram isolados dois compartimentos, ou tanques, cada um com um volume aproximado de  $3 \text{ m}^3$ , duas bombas centrífugas para transferência entre os tanques, tipo empregado em campos de petróleo, especificadas como 3 X 4 , ou seja, 0.0762 m (3 pol) na sucção e 0.1016 m (4 pol) na descarga e motores de 9194 W (12.5 Cv) para a bomba de alimentação da centrífuga e 11032 W (15 Cv) para a bomba de retorno.

Os tanques foram dotados de agitadores mecânicos , com escala graduada em milímetros e posteriormente foi montado um outro agitador em um tambor de 200 l ( $0.2 \text{ m}^3$ ) para promover a mistura da torta sólida separada pela centrífuga que não podia ser feita eficientemente no tanque de descarte. Desta forma, foi idealizado um sistema de coleta em caixotes com capacidade aproximada para 70 Kg de torta de barita, sendo o material adicionado ao tambor de mistura com uso de pás. Este artifício foi empregado já que não se podia modificar a instalação abaixo da centrífuga e, apesar do trabalho adicional, mostrou-se conveniente, uma vez que uma das preocupações que era com a desintegração das partículas pela ação das bombas, foi reduzida ao eliminar-se o uso da bomba de retorno (no caso

o fluido que era retornado não continha sólidos). Foi adicionada uma pequena bomba centrífuga de 550 W (0.75 Cv) apenas para preenchimento do tambor.

A linha de alimentação era de 0,0508 m (2 pol.), com medidor tipo venturi (que não foi usado) e alargamento para 0.0762 m (3 pol.) onde instalou-se um medidor eletromagnético de vazão [11] fabricado pela Enginstrel. Antes da entrada da centrífuga foi instalada a válvula de controle de vazão do tipo globo e, logo após esta, uma pequena tomada de amostra da alimentação. O efluente era coletado de um mangote flexível em potes de 0.001 m<sup>3</sup> (1 l) e o descarte, tirado diretamente dos caixotes.

Um conjunto de quatro polias permitia a variação da velocidade de rotação do equipamento.

As amostras coletadas foram analisadas em laboratório com balança analítica com precisão de milionésimo de grama e uso de picnômetro de 50 ml para densidade dos líquidos com uso adicional de estufa para as amostras de descarte sólido.

Posteriormente, estas mesmas amostras foram conduzidas ao CENPES/PETROBRÁS para análise no contador de partículas Malvern modelo 3600 Ec.

Um esquema do sistema encontra-se na página seguinte.

## 5.2 AFERIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E DETALHES DOS TESTES

Com o objetivo de alcançar confiabilidade nos resultados dos testes, diversas providências foram tomadas antes da execução dos mesmos, durante estes e na fase de

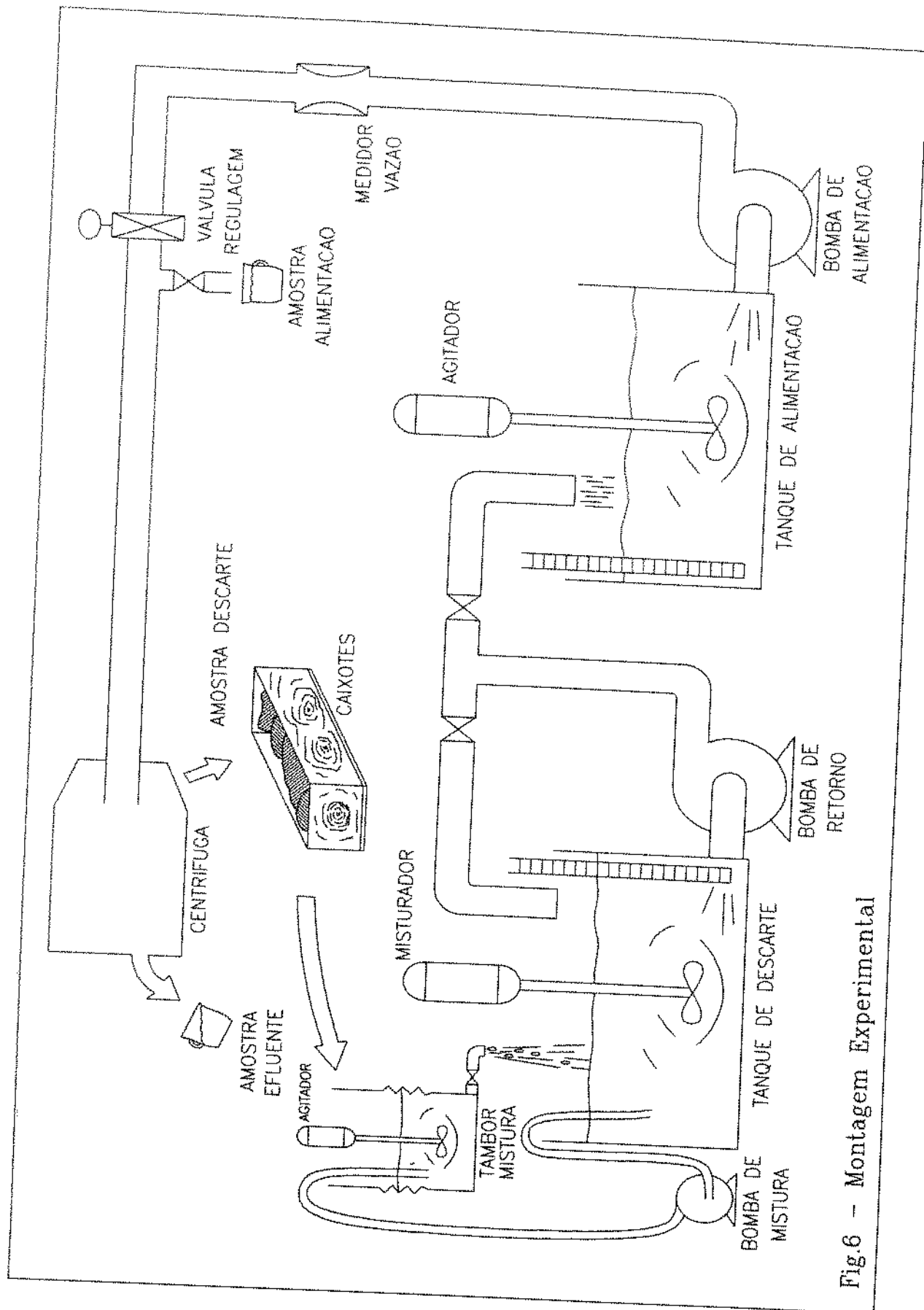


Fig.6 - Montagem Experimental

análise das amostras em laboratório.

#### 5.2.1 DURANTE REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CAMPO

Os tanques foram cubados, confrontando-se medidas de dimensões e volumes precisamente determinados a partir de recipientes de menor capacidade. O medidor de vazão foi então aferido com água, com solução de Goma Xantana pura e contendo sólidos em suspensão. Antes do descarte de cada fluido, após a seqüência de testes, novamente o medidor era aferido.

Concluiu-se que o erro volumétrico máximo, de cerca de 2%, ocorria nas baixas vazões, fruto do já esperado superdimensionamento do medidor e dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante e da aferição dos tanques. Durante a execução dos testes era tomada também a vazão do efluente, pelo nível do tanque, que sempre resultou em valores coerentes.

Em cada teste, tomava-se a temperatura, para conferência da reologia e circulava-se por um tempo de 10 min (600 s) para estabelecimento de regime permanente. Apenas em alguns testes em altas vazões este tempo foi reduzido para cerca de 480 s (8 min) pela limitação da capacidade do tanque. Este número foi baseado nas indicações de Thurber [34] e em cálculos aproximados:

Independentemente da velocidade de rotação do rotor, a seguinte fórmula dá o tempo de permanência aproximado dos sólidos no interior da centrífuga.

$$t_p = \frac{L}{\Delta\omega s} \quad (61)$$

Em que  $s$  é o considerado para cada passe de rosca.

Onde o resultado é aproximado ao desprezar-se o escorregamento das partículas com a rosca e considerar-se a seção cônica desenvolvida como trecho horizontal. Para valores típicos da centrífuga em testes, as partículas que sedimentam logo à entrada são retiradas em torno de 22 s. Com maior razão, o efluente sofrerá menor interferência, por ser menor ainda o tempo envolvido na clarificação.

Foi verificada também a homogeneidade da suspensão no tanque de alimentação durante os testes, para certificação de que não ocorria sedimentação ao longo do tempo de estabilização. Pela realização de testes idênticos à baixa vazão, sem alterar o conteúdo do tanque de alimentação, os resultados foram semelhantes. Antes de cada teste, deixava-se um tempo mínimo de 900 s (15 min) em agitação no tanque de alimentação para garantir homogeneidade.

As diferenças nas densidades de alimentação que se observam nos testes deveram-se às tomadas de amostras, às perdas na transferência e material retido nos caixotes.

A velocidade de rotação foi variada por meio de polias ajustáveis ao motor da centrífuga e os valores calculados coincidiram plenamente com os valores medidos pelo uso de um tacômetro portátil.

Foram 4 as polias empregadas. A denominada como grande "G" permitia velocidade de rotação de  $335 \text{ s}^{-1}$  (3200 rpm); a semi-grande, "SG", de  $291 \text{ s}^{-1}$  (2780 rpm); a

semi-pequena "SP", de  $251 \text{ s}^{-1}$  (2400 rpm) e a pequena "p", de  $218 \text{ s}^{-1}$  (2080 rpm).

#### 5.2.2 DURANTE AS ANÁLISES DE LABORATÓRIO

Foram empregados nos testes fluidos contendo apenas um tipo de sólido, o que facilitou sobremaneira os cálculos de densidade de descarte. Conforme indica o Anexo B, a densidade das amostras de descarte foram obtidas por diferença, após secagem em estufa. Para as densidades dos sólidos à granel, empregou-se o autopicnômetro Micromeritics existente na DICAT/CENPES.

As amostras líquidas foram analisadas com uso de uma balança eletrônica com precisão de milionésimo de grama, embora os resultados significativos envolvessem apenas centésimos. Testes repetidos indicaram ser possível determinar valores de densidade com erro máximo de 3 milésimos e a simulação com a fórmula que dá a eficiência total indica que, no pior caso, o erro sobre o valor desta seria de 2%. Isto deve ser levado em consideração quando se apreciam os valores de eficiência total obtidos.

#### 5.2.3 ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE PARTÍCULAS

Para este fim utilizou-se o analisador a Laser Malvern 3600 Ec que consta do Anexo A.

Ele foi escolhido por permitir boa precisão nos resultados, rapidez e disponibilidade. O SediGraph, fabricado



pela Micromeritics, foi também empregado, apenas para correlação dos tamanhos de partículas, uma vez que o primeiro dá um tamanho próprio, enquanto o último dá o tamanho baseado na sedimentação de partículas em meio fluido. Entretanto, os resultados não representaram corretamente a distribuição esperada, razão pela qual não serão apresentados no corpo do trabalho. Apenas quer-se aqui apontar para o fato de os diâmetros poderem estar defasados. Existe na literatura um trabalho [31] em que são dadas duas correlações, embora próprias para as areias utilizadas nos experimentos. A correlação I vale para "Glacial Silt Standards", enquanto a II vale para "Milled Ottawa Sand Standards", um tipo de areia com grande esfericidade. Através das correlações obtêm-se:

Diâmetro real ( $\mu\text{m}$ )	Malvern Corr I ( $\mu\text{m}$ )	Malvern Corr II ( $\mu\text{m}$ )
2	4.42	2.76
5	8.69	6.37
10	14.49	12.00
15	19.54	17.38
20	24.15	22.59

Tabela 2 - Correção dos Diâmetros lidos no Contador de Partículas a Laser Malvern.

Os resultados anteriores acenam para a possibilidade de os valores lidos pelo Malvern serem significativamente maiores que os reais (dados pelos padrões acima), sendo função do tipo de sólidos envolvidos.

Para confiabilidade nos resultados, foram feitos

testes prévios que indicaram não ser a água um meio próprio como fluido carreador no Malvern, uma vez que, a baixas vazões e agitação as partículas sedimentavam na cuba e, a altas, bolhas de ar eram lidas pelo detector, conforme se comprovou ao variar a vazão, variando assim o tamanho das "partículas lidas". Por isto se optou por uma mistura de 3 partes de glicerina para uma parte de água, já que glicerina pura era excessivamente viscosa, trapeando ar, enquanto que maior quantidade de água reduzia muito a viscosidade.

A viscosidade da glicerina pura a 25 graus Celsius é de  $0.04 \text{ Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  (40 cP), enquanto que a viscosidade de mistura é de  $0.0135 \text{ Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  (13.5 cP).

Percebeu-se também, através de testes comparativos específicos, que o uso de ultrassom alterava consideravelmente os resultados, razão pela qual sempre se empregou ultrassom nos testes. Também verificou-se que as leituras não variavam em função do tempo com ultrassom para o tempo considerado de 5 minutos até a leitura.

Em teste único realizado com uso de dispersante Kodak Foto-Flo 200, recomendado pelo fabricante para emprego com a finalidade de redispersão de partículas agregadas, não se observou efeito, demonstrando que as partículas realmente não se encontravam como aglomerados em amostra de alimentação.

A análise dos resultados mostrou confiabilidade para as análises de efluente e descarte, enquanto que com a alimentação não houve igual repetibilidade. Este mesmo ponto foi apontado por Thurber [35], razão pela qual se preferiu o cálculo da distribuição de alimentação, conforme o recomendado

por Svarovsky [33].

### 5.3 ESCOLHA DAS PARTÍCULAS, COMPOSIÇÃO E REOLOGIA DOS FLUIDOS

A escolha das partículas recaiu sobre um critério que levou em consideração os tipos básicos de sólidos encontrados em fluidos de perfuração: leves (areias e calcáreo) e pesados (baritina). A areia sílica flour foi escolhida pela dureza do material, que reduzia riscos de alteração de tamanho pelos choques e por sua pureza que, conforme atestou a análise realizada no laboratório de microscopia eletrônica do CENPES/PETROBRÁS, era superior a 99%.

Não se empregou mais de um tipo de sólido num mesmo fluido pela impossibilidade de distinção pelo contador de partículas.

O fluido empregado, a base de Goma Xantana, é um fluido que se assemelha aos de perfuração, por possuir tensão residual (parâmetro no modelo de Herschel-Bulkley).

Foram fabricados diversos fluidos os quais receberam designações por letras, ordenadas conforme sua utilização nos testes. A tabela abaixo mostra os testes e fluidos usados:

FLUIDO	TESTES	TIPO DE SÓLIDOS	ANÁLISES NO MALVERN
A	01 - 15	Baritina	-
B	16 - 33	Baritina	22 - 27
C	34 - 35	Baritina	-
D	36 - 38	Baritina	-
E	39 - 42	Baritina	40 - 42
F	43 - 60	Baritina	43 - 50
G	61 - 73	Areia 200 Mesh	61 - 66
H	74 - 84	Areia 250 Mesh	80 - 84
I	85 - 99	Areia 325 Mesh	86 - 99
J	100 -112	Calcáreo Fino	100 -112

Tabela 3 - Designação dos Fluidos e Emprego.

Nesta tabela, o fluido dos testes 34 e 35 foi o mesmo fluido B, apenas retirando-se parte da baritina. O fluido D corresponde ao C, reagregando-se a baritina. O fluido F é o fluido E com água para reduzir a viscosidade.

Tabela 4 - Relação dos testes e parâmetros empregados

TESTE (NUM)	POL (ESP)	HPIS	QA <sub>3</sub> (x10 <sup>3</sup> ) (m <sup>3</sup> /s)	QE (x10 <sup>3</sup> ) (m <sup>3</sup> /s)	DA	DE	DD	ET1 (%)	ET2 (%)
16	SG	1	1.353	1.053	1.150	1.013	2.962	91.9	93.3
17	SG	1	2.722	2.290	1.148	1.017	2.941	89.3	90.3
18	SG	1	4.083	3.378	1.145	1.021	2.933	86.5	88.1
19	SG	5	1.353	1.045	1.137	1.014	2.950	90.5	92.1
20	SG	5	2.722	2.205	1.136	1.017	2.935	88.0	89.6
21	SG	5	4.083	3.450	1.140	1.022	2.927	85.3	86.7
22	SP	5	1.353	1.078	1.133	1.019	2.930	86.6	88.6
23	SP	5	2.722	2.392	1.146	1.024	2.927	84.6	85.6
24	SP	5	4.083	3.458	1.142	1.028	2.919	81.5	83.3
25	SP	1	1.353	1.132	1.151	1.025	2.931	84.5	86.1
26	SP	1	2.722	2.385	1.151	1.030	2.935	81.1	82.4
27	SP	1	4.083	3.522	1.154	1.035	2.848	78.8	80.4
28	G	1	1.353	1.118	1.149	1.021	3.100	86.8	88.4
29	G	1	2.722	2.447	1.148	1.026	3.062	83.5	84.2
30	G	1	3.305	2.943	1.144	1.028	3.085	81.2	82.3
31	G	5	3.305	2.923	1.144	1.025	3.120	83.2	84.3
32	G	5	1.353	1.158	1.147	1.020	3.161	87.2	88.4
33	G	5	2.720	2.427	1.143	1.026	3.163	82.8	83.8
34	G	5	1.353	1.145	1.109	1.020	3.163	82.4	84.5
35	G	5	2.720	2.537	1.106	1.025	3.165	76.7	77.4
36	SG	5	1.353	1.130	1.144	1.024	3.154	84.3	86.1
37	SG	5	2.720	2.447	1.140	1.030	3.145	79.7	80.7
38	SG	5	4.083	3.815	1.140	1.034	3.088	77.1	77.4
39	SG	5	1.353	1.025	1.163	1.017	3.003	90.2	92.0
40	SG	5	1.353	.000	1.157	1.020	3.003	88.2	.0
41	SG	5	2.722	.000	1.156	1.023	2.907	86.0	.0
42	SG	5	4.083	3.470	1.159	1.027	2.896	84.2	85.6
43	SG	5	1.353	1.153	1.148	1.018	3.025	88.6	89.6
44	SG	5	2.722	2.437	1.148	1.022	2.972	86.1	86.7
45	G	5	1.353	1.148	1.148	1.017	3.147	89.2	90.3
46	G	5	2.722	2.423	1.146	1.020	3.005	87.2	87.8
47	P	1	1.353	1.182	1.153	1.029	2.969	82.3	83.4
48	P	1	2.722	2.417	1.150	1.034	2.936	78.7	79.9
49	P	5	1.353	1.177	1.147	1.026	2.996	83.1	84.3
50	P	5	2.722	2.502	1.145	1.030	2.957	80.1	80.6
51	G	1	1.353	1.080	1.148	1.024	3.102	84.5	86.8
52	G	1	2.722	2.425	1.148	1.028	3.080	81.9	82.9
53	SG	1	1.353	1.187	1.145	1.029	3.034	81.0	82.3
54	SG	1	2.722	2.465	1.147	1.034	3.057	78.2	79.1
55	SG	1	3.305	3.005	1.141	1.037	3.039	75.1	76.1
56	SG	1	4.083	3.747	1.143	1.040	3.042	73.5	74.3
57	SG	1	4.862	4.095	1.141	1.042	3.045	71.7	74.9
58	SG	1	1.353	1.145	1.142	1.035	3.052	76.4	78.9
59	SG	1	4.083	3.777	1.144	1.044	3.037	70.7	71.4
60	SG	1	4.083	3.935	1.053	1.043	2.420	18.5	20.9
61	SG	1	1.945	1.755	1.055	1.001	1.901	96.8	96.9
62	SG	1	3.888	3.425	1.053	1.002	1.943	95.9	96.2
63	SG	1	5.833	5.388	1.050	1.003	1.999	94.2	94.4
64	SG	5	1.945	1.762	1.050	1.001	1.966	96.6	96.7
65	SG	5	3.888	3.527	1.048	1.002	1.960	96.1	96.2
66	SG	5	5.833	5.488	1.049	1.002	1.955	95.4	95.4
67	SP	5	1.945	1.777	1.048	1.002	1.984	95.8	96.0

68	SP	5	5.833	5.477	1.048	1.002	1.979	94.5	94.6
69	SP	5	3.888	3.587	1.049	1.002	1.986	94.9	95.1
70	SP	5	7.292	6.952	1.050	1.003	1.975	94.1	94.1
71	SP	1	1.945	1.768	1.053	1.002	1.982	95.5	95.7
72	SP	1	3.888	3.620	1.049	1.003	1.973	94.3	94.4
73	SP	1	5.833	5.507	1.047	1.003	1.965	92.9	93.0
74	SP	5	1.945	1.772	1.056	1.001	1.955	97.3	97.4
75	SP	1	1.945	1.712	1.057	1.002	1.958	96.7	96.9
76	SP	1	3.888	3.645	1.053	1.002	1.948	94.9	94.9
77	SP	5	3.888	3.668	1.051	1.002	1.943	95.4	95.4
78	SP	5	5.833	5.512	1.052	1.002	1.947	94.9	95.0
80	P	1	1.945	1.770	1.050	1.002	1.973	94.9	95.1
81	P	5	1.945	1.785	1.049	1.002	1.967	95.8	95.9
82	P	5	3.888	3.633	1.050	1.002	1.951	94.8	94.9
83	P	1	3.888	3.570	1.052	1.003	1.961	93.7	93.9
84	G	5	3.888	3.660	1.051	1.001	1.977	96.5	96.5
85	G	5	3.888	.000	1.055	1.001	1.968	97.3	.0
86	G	5	1.945	1.813	1.057	1.002	1.987	96.2	96.3
87	G	5	5.833	5.643	1.056	1.002	1.950	95.5	97.0
88	G	1	1.945	1.843	1.055	1.002	1.980	95.6	91.1
89	G	1	3.888	3.652	1.055	1.003	1.998	94.7	94.7
90	SP	1	3.888	3.798	1.051	1.004	1.968	91.6	91.6
91	SP	5	3.888	3.557	1.057	1.003	1.932	94.1	94.1
92	SG	1	3.888	3.652	1.053	1.003	1.938	94.2	94.2
93	SG	5	3.888	3.798	1.053	1.004	1.957	92.3	92.4
94	P	1	3.888	3.787	1.049	1.005	1.907	89.9	90.0
95	P	5	3.888	3.618	1.052	1.004	1.951	92.0	92.0
96	P	5	1.945	1.748	1.052	1.003	1.954	93.7	87.4
97	P	5	4.862	4.675	1.051	1.004	1.963	91.1	92.9
98	P	5	2.917	2.813	1.049	1.004	1.948	92.2	89.6
99	P	5	5.833	.000	1.053	1.005	1.967	90.9	.0
100	P	5	1.945	1.797	1.052	1.008	1.933	83.7	84.2
101	P	1	1.945	1.783	1.051	1.011	1.963	78.4	79.3
102	P	1	3.888	3.738	1.049	1.015	1.955	70.5	70.6
103	P	5	3.888	3.823	1.049	1.013	1.997	74.6	74.0
104	P	5	5.833	5.580	1.049	1.016	1.972	68.0	68.2
105	SG	5	1.945	1.823	1.049	1.009	2.024	81.9	82.3
106	SG	5	3.888	3.737	1.048	1.012	1.940	76.2	76.2
107	SG	5	5.833	5.685	1.048	1.014	2.009	71.2	70.9
108	SG	1	3.888	3.732	1.047	1.016	2.088	67.4	67.6
109	SP	5	1.945	1.832	1.048	1.013	2.075	72.1	72.8
110	SP	5	2.917	2.812	1.048	1.015	2.042	68.2	68.3
111	SP	5	3.888	3.738	1.047	1.017	2.039	63.9	64.2
112	SP	5	5.833	5.675	1.042	1.020	2.024	52.8	53.0

**POLIAS:**

G - Grande - 3200 rpm  
 SG - Semi-Grande - 2780 rpm  
 SP - Semi-Pequena - 2400 rpm  
 P - Pequena - 2080 rpm

**ALTURAS DE PISCINA:**

5 - Profunda - 0.030 m  
 1 - Rasa - 0.014 m

**EFICIÊNCIAS**

ET1- Eficiência global calculada apenas por densidades.  
 ET2- Eficiência global calculada por densidades e vazões.

No teste 60 reprocessou-se o fluido do teste 59 em baixa vazão.

Foram realizados 112 testes com os fluidos acima, dos quais apenas 97 foram válidos (os primeiros 15 foram em testes do sistema) e, destes, apenas 55 foram analisados no Malvern devido ao tempo disponível. Os testes encontram-se completos na tabela número 04, juntamente com diversos dados relevantes e já calculadas as eficiências e diâmetros de corte.

Para os fluidos de interesse seguem as composições:

MATERIAL \ FLUIDO	B	E	F	G	H	I	J
CMC AV AS	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Goma xantana	0.23	0.47	0.44	0.27	0.27	0.26	0.26
NaOH	0.10	0.09	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07
Bactericida	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Sólidos	20.6	22.7	21.6	9.60	9.60	9.60	9.60

Materiais Sólidos: % em massa; Materiais Líquidos: % volume

Tabela 5 - Composição Básica dos Fluidos Analisados

Aplicando a correção proposta por Yang e Krieger [38] às medidas reológicas obtidas no reômetro HAAKE, foram gerados pares reológicos  $\tau \times \dot{\gamma}$  os quais foram ajustados por modelos reológicos de Ostwald de Waele e Herschel-Bulkley. O primeiro foi o modelo a dois parâmetros que melhor se ajustou, enquanto que, pelo último, o ajuste foi superior e similar em média ao modelo de Robertson e Stiff [28]. Não se procurou realizar ajustes com outros modelos existentes em vista da pouco

significativa melhora obtível. Para os ajustes, empregou-se um programa computacional existente [38]. Os dados gerados estão sintetizados nas tabelas abaixo para os fluidos de interesse. Na primeira, são colocados os parâmetros de ajuste através do Modelo Reológico de Ostwald de Waele dos fluidos de alimentação e efluente. Na segunda, os de Herschel-Bulkley. Pelos desvios, última coluna à direita, percebe-se a melhor correlação pelo último modelo.

FLUIDO	k $10^{-1} \text{ Pa.s}^n$	n	DESVIO %
B - Alim.	4.6901	0.4770	2.814
E - Alim.	52.0810	0.2270	2.677
F - Alim.	32.1560	0.2705	3.226
G - Alim.	4.7040	0.4564	7.473
H - Alim.	7.1715	0.4223	5.965
I - Alim.	7.7662	0.3996	7.437
J - Alim.	6.9011	0.4231	6.029
B - Eflu.	3.7021	0.5180	2.683
E - Eflu.	39.9050	0.2637	4.740
F - Eflu.	26.0782	0.3025	3.833
G - Eflu.	4.2755	0.4693	7.453
H - Eflu.	6.6134	0.4335	4.269
I - Eflu.	8.8531	0.3873	4.685
J - Eflu.	5.8598	0.4424	6.341

Tabela 6 - Parâmetros de Ajuste por Ostwald de Waele.



FLUIDO	K $10^{-1} \text{ Pa.s}^n$	n	$\tau_0$ $10^{-1} \text{ Pa}$	DESVIO %
B - Alim.	3.6590	0.5102	3.6915	2.888
E - Alim.	22.6005	0.3348	39.9816	1.312
F - Alim.	12.5036	0.3929	32.7111	1.304
G - Alim.	1.7355	0.5940	10.1436	3.601
H - Alim.	1.7127	0.6184	18.1355	1.703
I - Alim.	1.4446	0.6291	19.9497	2.642
J - Alim.	2.4640	0.5624	13.7842	2.600
B - Eflu.	1.3267	0.6622	11.5241	1.156
E - Eflu.	7.6457	0.4801	58.3894	1.502
F - Eflu.	4.2426	0.5409	49.9774	0.864
G - Eflu.	1.5661	0.6087	9.7067	3.551
H - Eflu.	2.3524	0.5742	13.7791	1.580
I - Eflu.	3.1060	0.5257	15.9666	1.997
J - Eflu.	2.1117	0.5822	12.3279	2.676

Tabela 7 - Parâmetros de Ajuste por Herschel-Bulkley.

A figura seguinte exemplifica o reograma de um dos fluidos analisados neste trabalho:

# REOGRAMA FLUIDO H

Fluido: Goma Xantana  
 Temperatura: 19 C  
 Amostra: Alimentacao

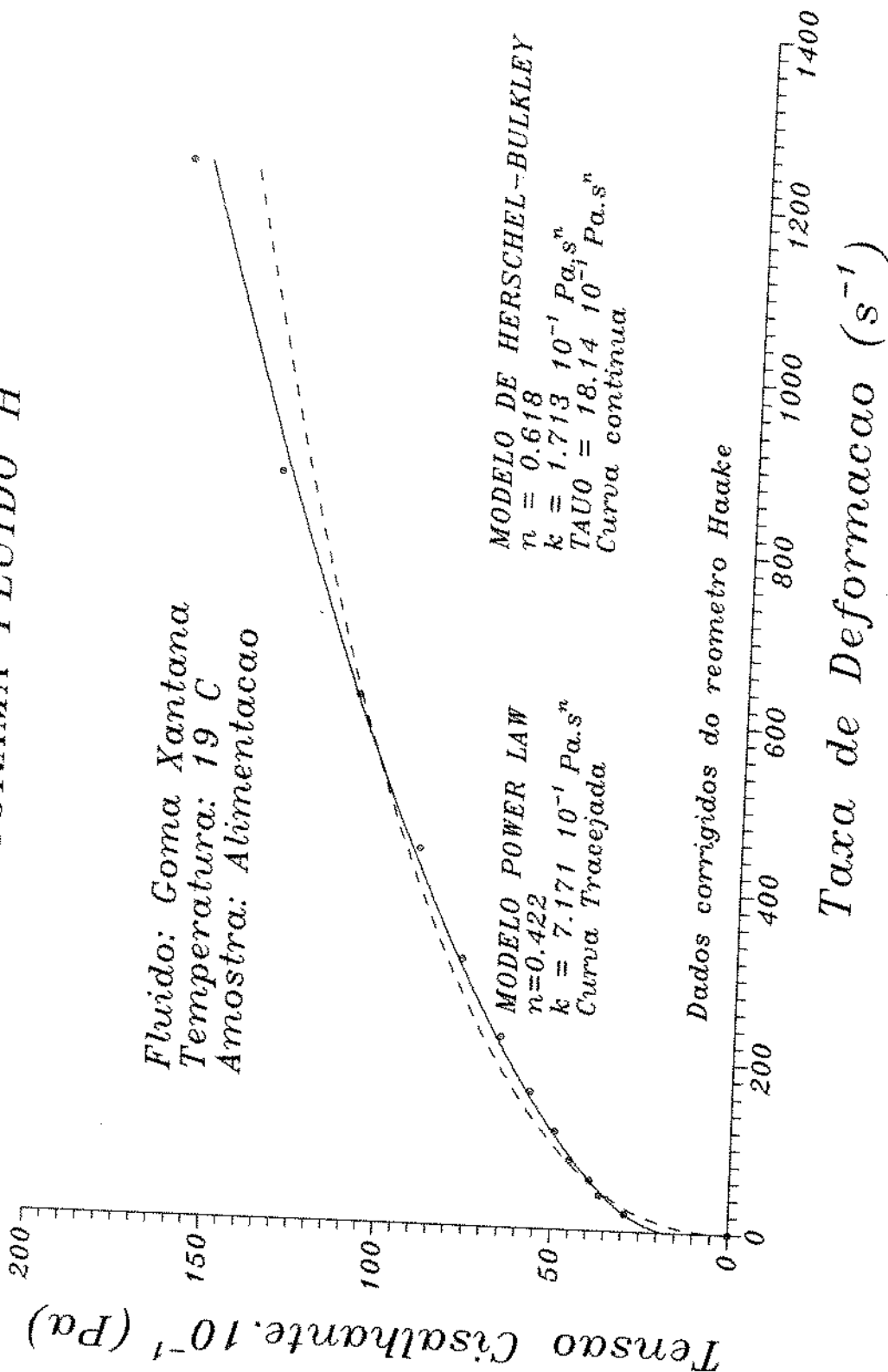


Fig. 7 - Reograma Tipico dos Fluidos Analisados

## 6 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL

Com o auxílio das fórmulas desenvolvidas no capítulo 3, foi feito um programa computacional para determinação da velocidade de sedimentação das partículas em qualquer regime.

O programa foi testado com os dados apresentados por Thurber [34] para a sedimentação gravitacional de partículas e os resultados concordam plenamente, inclusive dispensando a correção empírica proposta pelo mesmo em sua tese.

Exemplificando, foi plotada a curva da figura 8 a qual indica que, embora a maior parte das partículas caiam sob regimes intermediário e turbulento, as partículas de diâmetro limite e crítico caem, em todos os casos analisados, no regime laminar.

### 6.2 MODELOS MATEMÁTICOS

A marcha seguida para análise dos resultados dos modelos consistiu, em linhas gerais, no seguinte:

1. Análise da influência do tipo de perfil para o escoamento no canal formado por rosca/parede interna do rotor;
2. Análise da influência do efeito de concentração;
3. Consideração sobre o uso de reologia do fluido na alimentação ou efluente;
4. Análise da influência de uso de uma camada móvel de espessura da piscina ou de uma fração desta.

# CURVAS DE VELOCIDADE PARTICULA ISOLADA

Condições do Teste 22  
 Força G = 979 g  
 Esfericidade = 0.8  
 Densidade sol. = 4.18

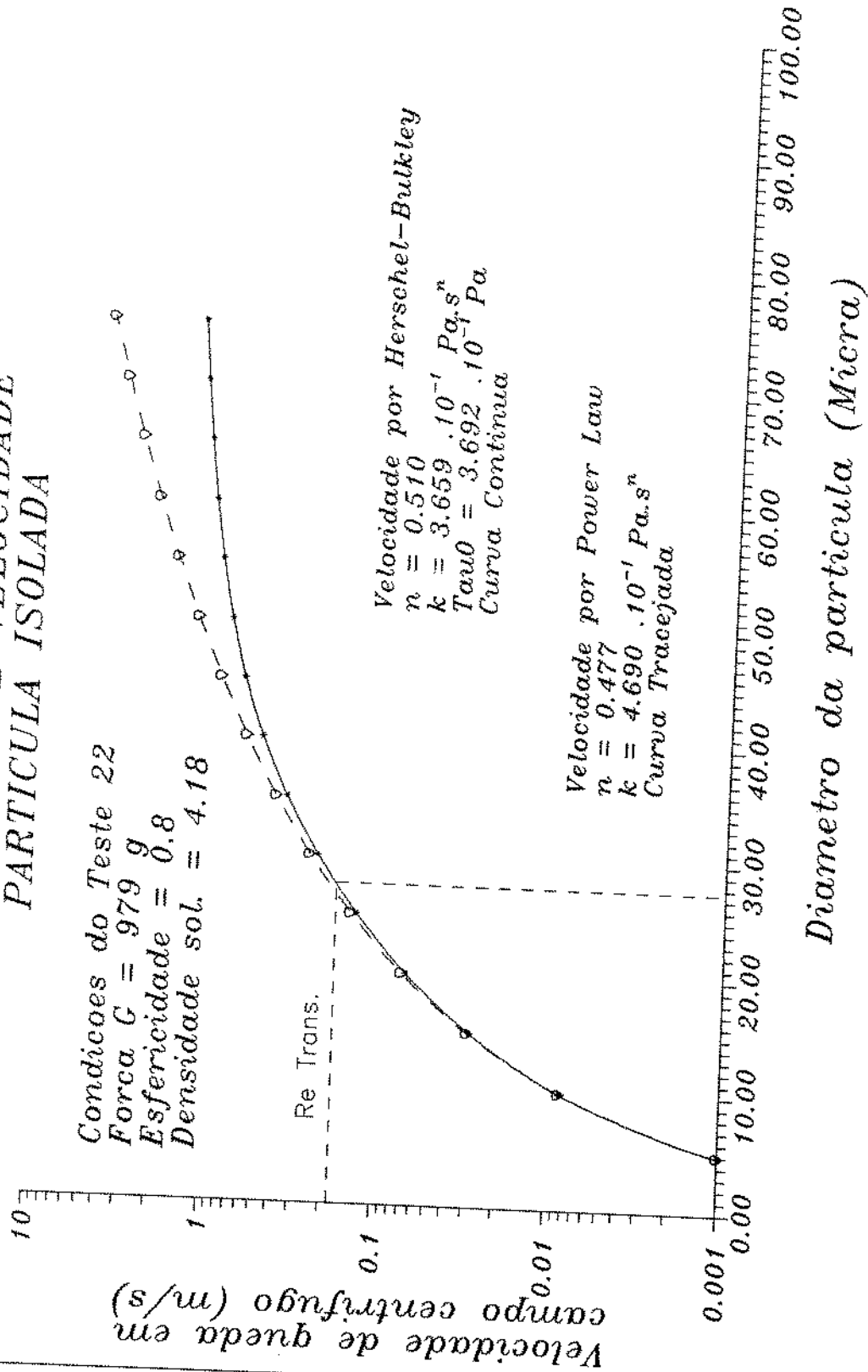


Fig.8 - Velocidade de Sedimentação Centrífuga.

5. Análise do critério para determinação da partícula crítica: por relação de velocidades ou equivalência de áreas.

#### 6.2.1 INFLUÊNCIA DO TIPO DE PERFIL DE ESCOAMENTO DO FLUIDO

Com o objetivo de analisar esta influência, foram montados três programas computacionais, considerando:

1. Perfil tipo Pistão (Modelo A);
2. Perfil típico de fluido Newtoniano (modelo B);
3. Perfil tipo fluido de Ostwald de Waele (Modelo C).

O item 2 acima se refere ao perfil de escoamento obtido por Faust [08] ao resolver o sistema de equações de continuidade e Navier-Stokes para a geometria de um escoamento tangencial, da mesma forma como se resolveu, no item 3, por Cauchy.

Muito embora exista a possibilidade de ser o escoamento turbulento, como discutido no capítulo 4, os modelos consideram perfis para análise de sensibilidade

O que se determinou, exemplificado pela figura 9, é o fato de a influência de um perfil de escoamento ser pequena, embora tendendo a aumentar o valor dado para o diâmetro da partícula limite (hipótese dita pessimista).

#### 6.2.2 INFLUÊNCIA DO EFEITO DE CONCENTRAÇÃO (POPULACIONAL)

Conforme se observa pela figura 10, a consideração de uma redução na velocidade de sedimentação, pela presença de partículas vizinhas, é a de aumentar o  $D_{50}$ ; a ordem deste

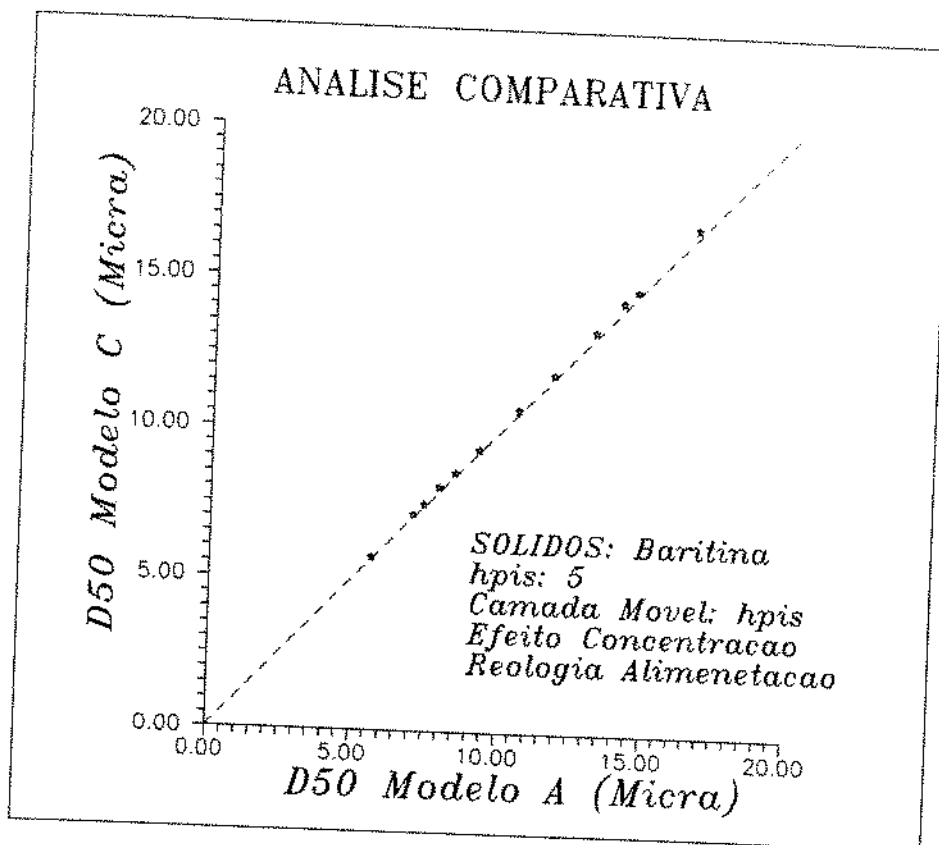


Fig.9 - Influência do Perfil de Escoamento

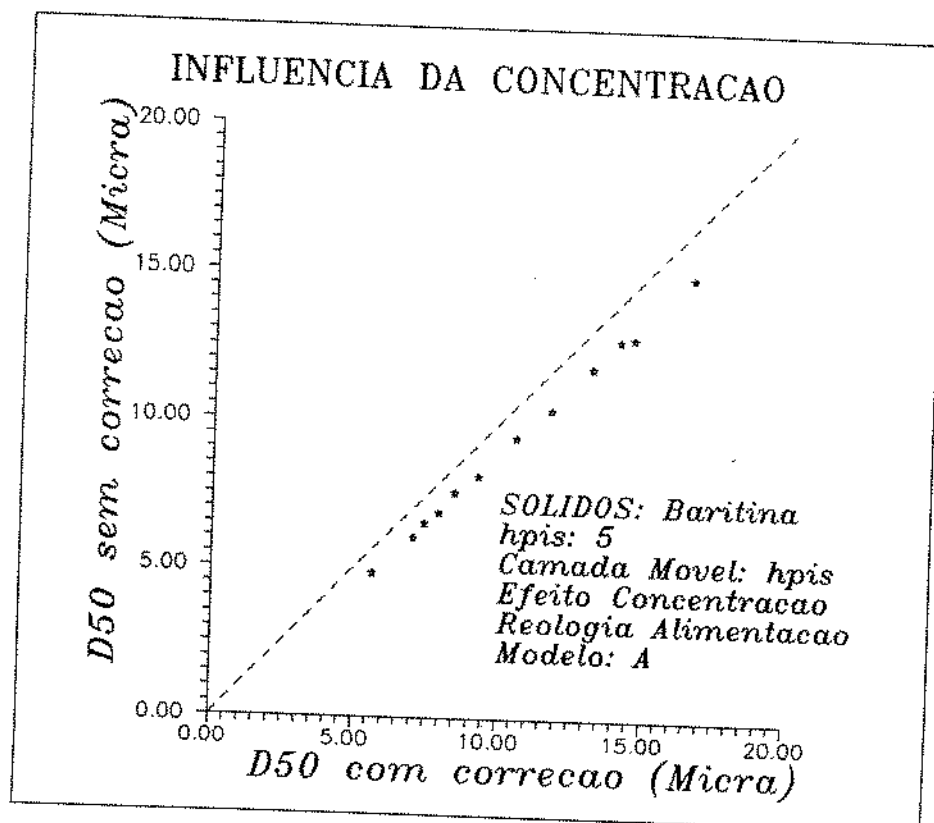


Fig.10 - Influência do Efeito Populacional

aumento podendo ser apreciada no exemplo desta figura. Não obstante este efeito tendesse a afastar mais os resultados experimentais dos modelados, ainda assim este efeito foi considerado, por ser real. Entretanto, esta influência deve ser menor, na realidade, visto que as partículas grandes sedimentam rapidamente já à entrada do equipamento e passam a influir pouco ao longo da maior parte do percurso.

### 6.2.3 CONSIDERAÇÃO DO FLUIDO PARA TOMADA DE REOLOGIA

Para esta consideração, seja a figura 11, abaixo:

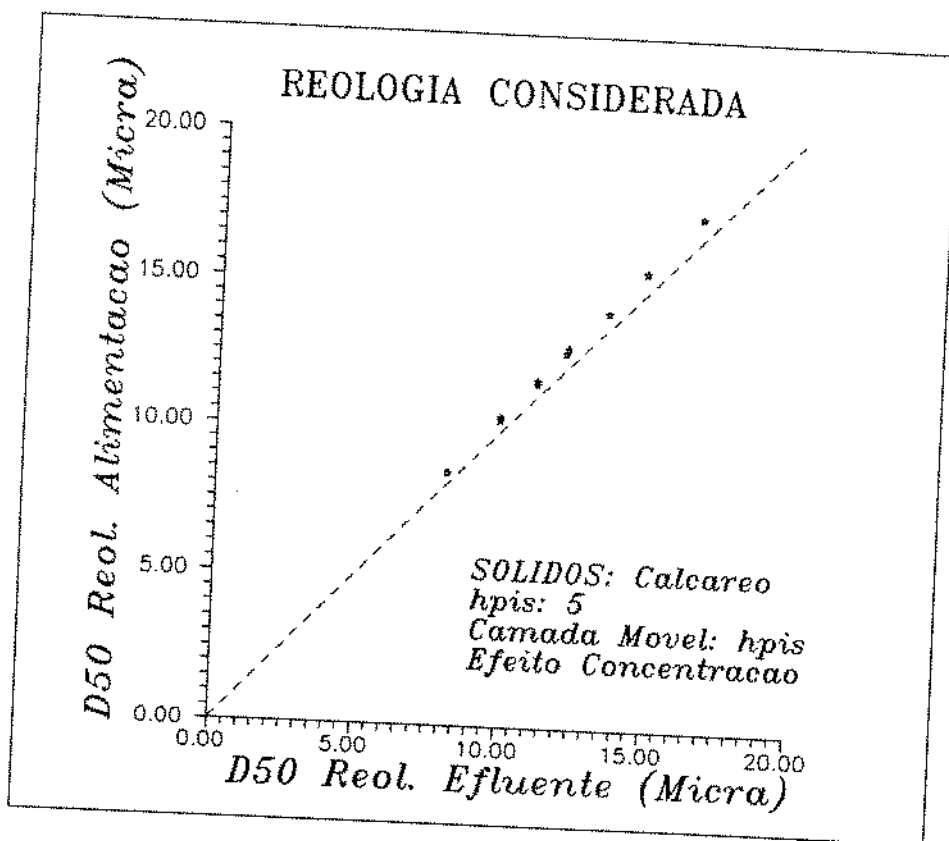


Fig.11 - Influência do Fluido para Medidas Reológicas

O objetivo de um modelo é prever resultados a partir

de uma corrente conhecida de alimentação. Neste sentido, normalmente se empregou a reologia do fluido de alimentação. No entanto, com objetivo de estudo, considerou-se também a reologia do efluente, por ser aquela na qual a partícula crítica permanece predominantemente, uma vez que a maioria das partículas são separadas logo na entrada do equipamento, como pode ser inferido da curva da figura 8.

#### 6.2.4 CONSIDERAÇÃO SOBRE A ALTURA DA CAMADA MÓVEL

É possível provar matematicamente que, não fosse a existência de um campo centrífugo proporcional à distância radial elevada ao quadrado, o diâmetro limite seria o mesmo no caso de a camada móvel ter a espessura da piscina ou qualquer fração desta, pois o aumento da distância radial é exatamente compensado pelo aumento de velocidade axial. Isto é válido no caso de um perfil pistão, mas, sendo pequena a influência de um perfil e pequena a diferença de comprimento médio percorrido, a igualdade deve ser conservada. No entanto, o fato de ser a força centrífuga média menor no caso de uma camada superficial faz com que, neste caso, o diâmetro limite tenda a valores um pouco maiores. É o que se observa da curva da figura 12, na próxima página.

#### 6.2.5 INFLUÊNCIA DO CRITÉRIO PARA O CÁLCULO DO $D_{50}$

Encontram-se na literatura duas formas para estimar o  $D_{50}$  uma vez conhecido o  $D_{100}$ : uma emprega o conceito de que a



partícula crítica deva ter velocidade igual à metade daquela da partícula limite e outra, empregando o conceito de equivalência de áreas, como se pode ver em Svarovsky [33]. Percebe-se que o último critério leva a menores  $D_{50}$ , como pode ser visto no gráfico comparativo da figura 13.

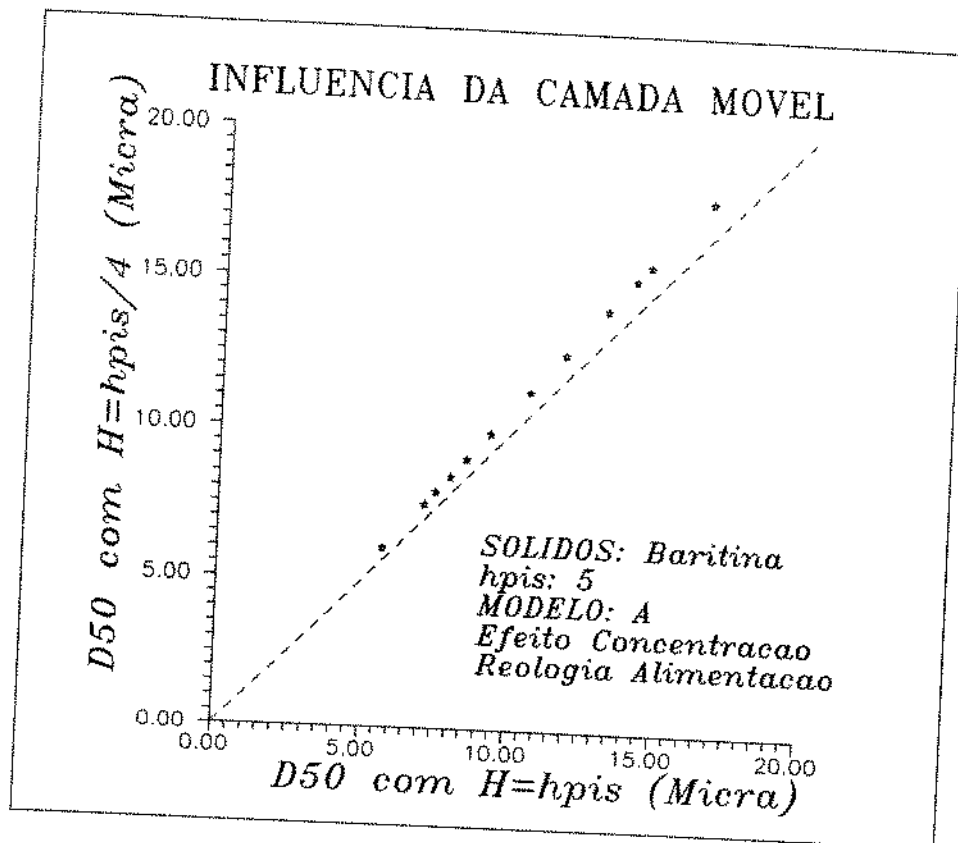


Fig.12 - Influência da Altura da Camada Móvel

### 6.3 RESULTADOS DOS MODELOS COMPARADOS COM EXPERIMENTOS

Os modelos dão propriamente um valor para a partícula limite separada em cada teste. No entanto, como este é um valor difícil de ser lido da curva de eficiência individual de coleta, optou-se pela determinação do  $D_{50}$  que foi estimado com base nos critérios do item anterior, discutíveis. Esta foi a

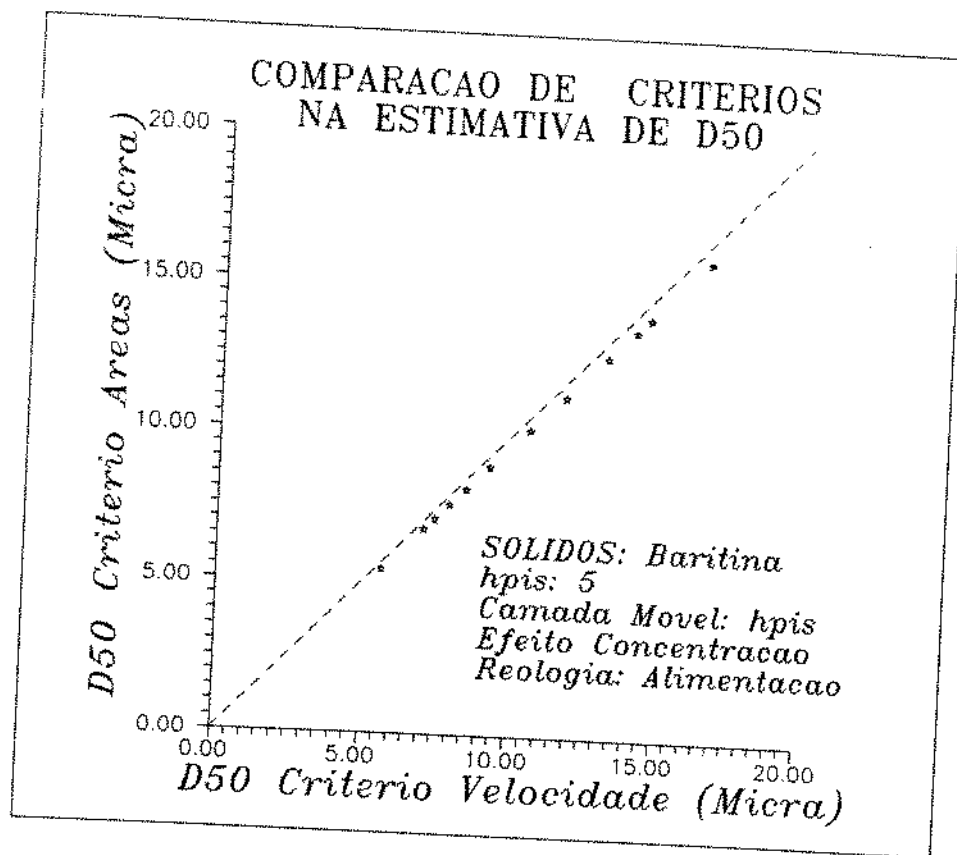


Fig. 13 - Influência do Critério de Cálculo do  $D_{50}$ .

razão principal para partir-se para um ajuste dos dados a partir de correlações. Nas figuras seguintes, a menos que seja claramente expresso, empregou-se o critério das velocidades relativas. Na figura 14, estão apresentados todos os pontos experimentais contra os resultados obtidos pelo modelo A. Os resultados são pessimistas. Empregou-se exclusivamente a altura de piscina elevada, pois percebeu-se a incapacidade dos modelos em prever o aumento de eficiência para uma piscina mais rasa. No caso da piscina rasa a força centrífuga média é maior e os modelos tendem a dar um valor de  $D_{50}$  menor neste caso. A explicação está ligada à resuspensão de sedimentos, vista no capítulo 4. Para ilustração, tem-se a figura 15.

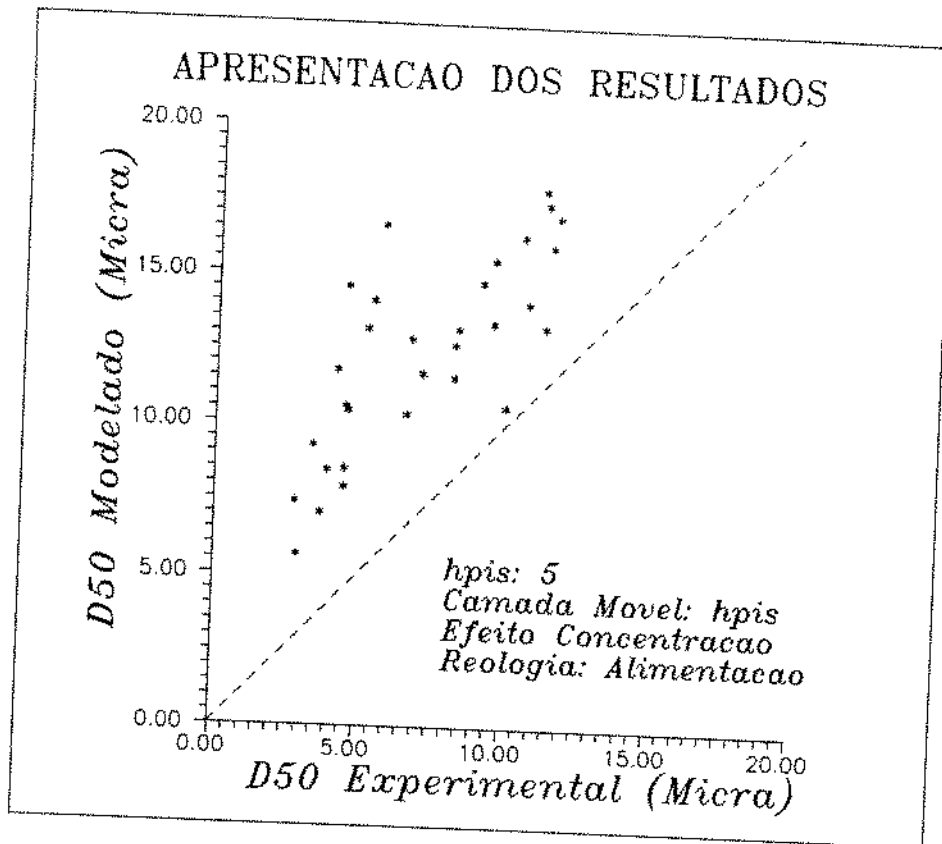


Fig.14 - Resultados Experimentais em Piscina Profunda

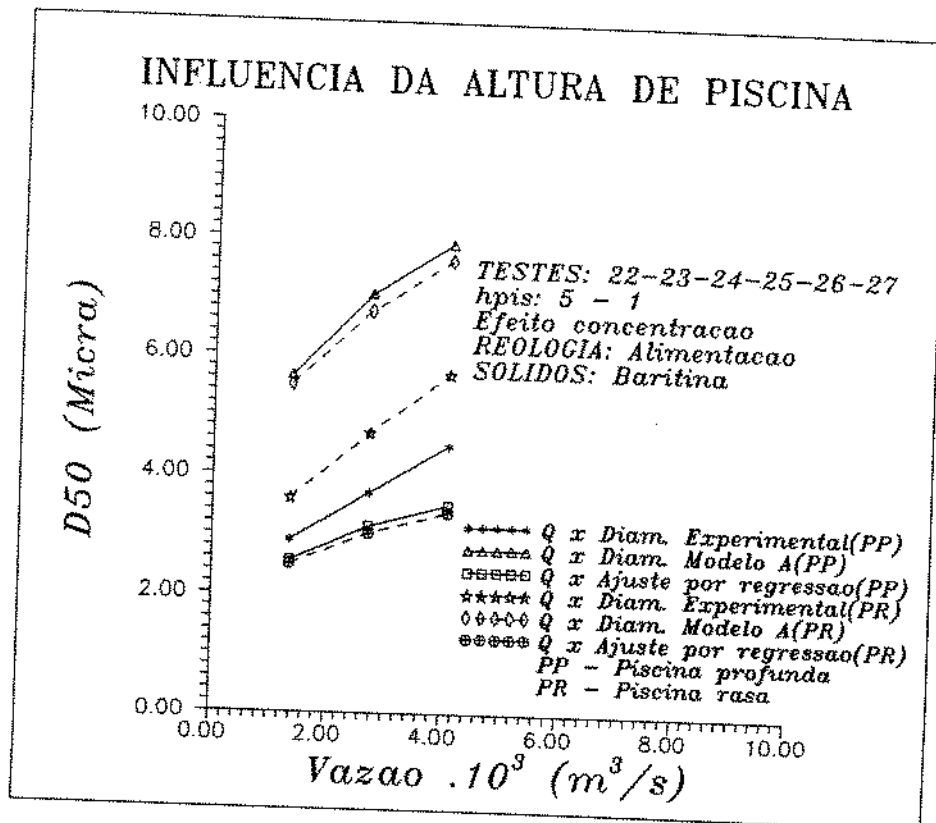


Fig.15 - Efeito de Altura da Picina

Os resultados da figura 14 apresentam-se claramente quando analisados isoladamente, como se observa a partir das figuras 16, 17 e 18. Isolados os testes por tipo de sólido, percebem-se boas correlações lineares.

Os testes realizados com areia e onde não é possível ler diretamente o valor de  $D_{50}$ , sem extrapolação, não foram considerados.

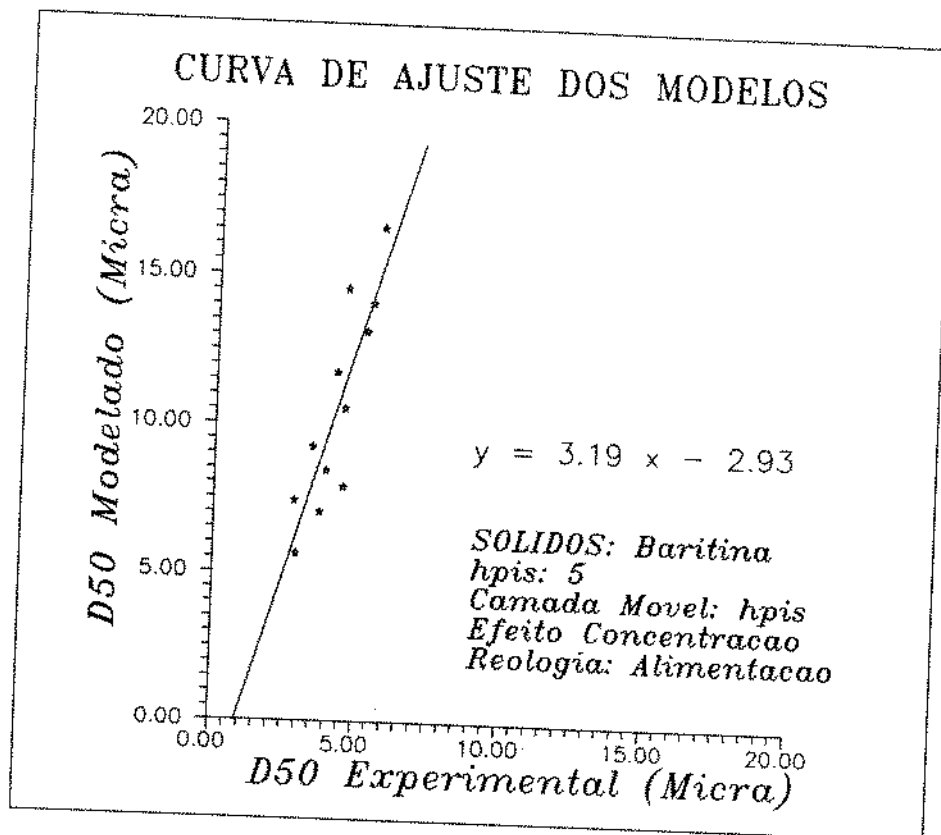


Fig.16 - Ajuste do Modelo A para Baritina

O bom correlacionamento linear indica uma proporcionalidade com diâmetros experimentais crescentes.

A explicação para diferentes correlações não tão simples: primeiramente, o efeito da esfericidade das partículas foi insignificante.

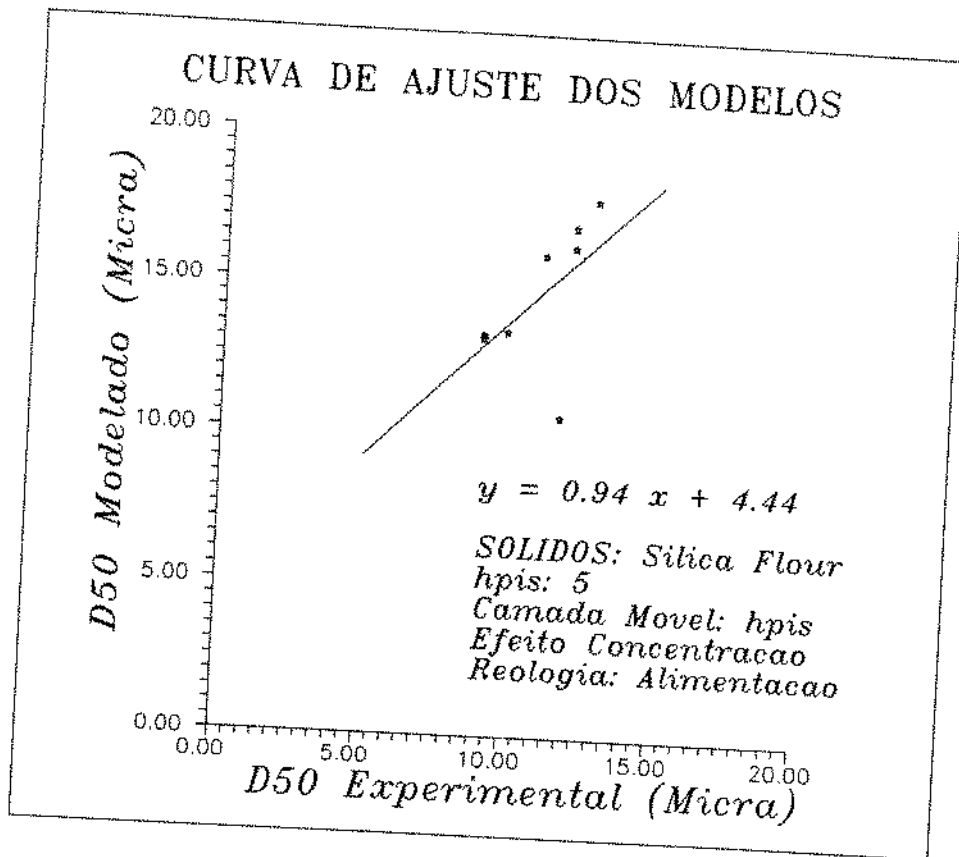


Fig.17 - Ajuste do Modelo A para Silica Flour

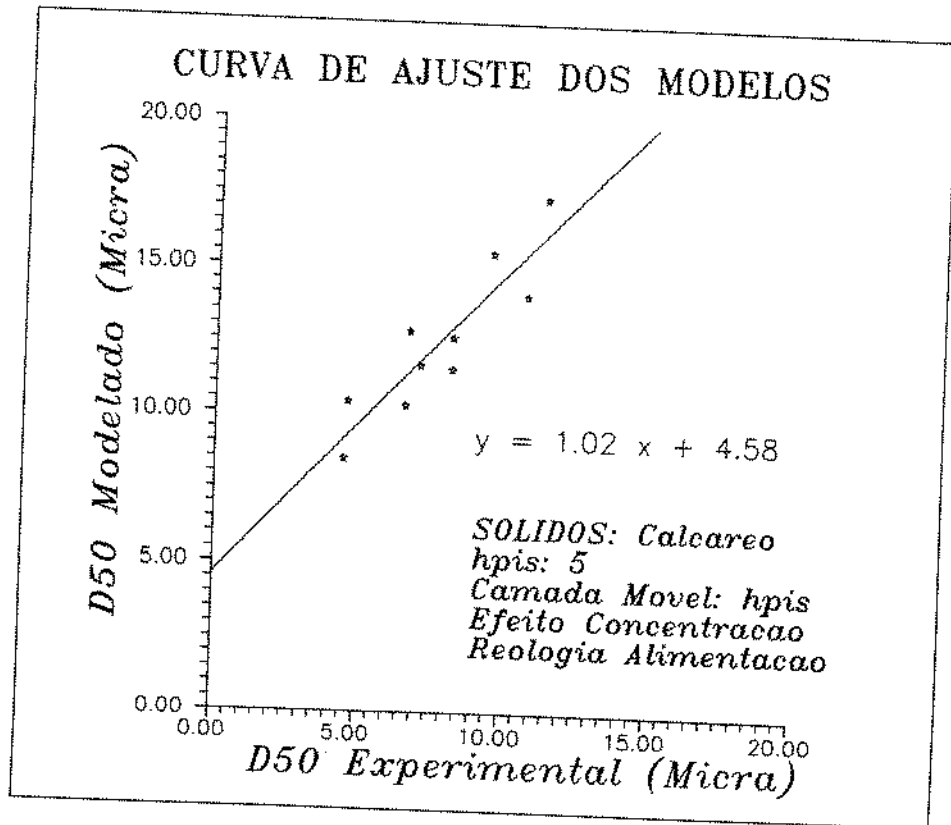


Fig.18 - Ajuste do Modelo A para Calcáreo

Embora cada tipo de sólido possa apresentar um relacionamento distinto com respeito aos tamanhos de partículas lidos pelo analisador de partículas Malvern e em relação à lente específica usada, conforme o trabalho [21], a tabela apresentada no capítulo 5 indica que, a partir de um determinado tamanho, os diâmetros reais crescem mais que os lidos pelo Malvern. Estes valores, quando colocados em um gráfico com os diâmetros do Malvern como abcissa, resultam em uma curva com inclinação maior que 45 graus e cujo valor específico dependeria dos sólidos. Desta forma, consegue-se explicar o porquê de um coeficiente angular mais acentuado e diferenciado para cada espécie de sólido; o afastamento constante que existiria, mesmo que a inclinação fosse de 45 graus, poderia ser eliminado pela adoção de uma constante multiplicativa na fórmula da velocidade, a qual já incluiria a consideração de ser a velocidade da partícula  $D_{50}$  não exatamente a metade daquela da partícula limite,  $D_{100}$ .

Os resultados obtidos na presente tese estão coerentes com os de Thurber [34], que empregou um analisador similar ao analisador Malvern. Os resultados por ele obtidos em sua centrífuga 14 X 30, aqui denominada simplesmente como pequena, foram comparados com o Modelo A e estão plotados nas figuras 19 e 20.

Finalmente, foram plotados gráficos que indicam a influência de cada parâmetro mecânico ou reologia sobre o desempenho da centrífuga em termos de  $D_{50}$ .

Os gráficos mostram apenas algumas das inúmeras comparações que podem ser feitas a partir dos dados gerados.

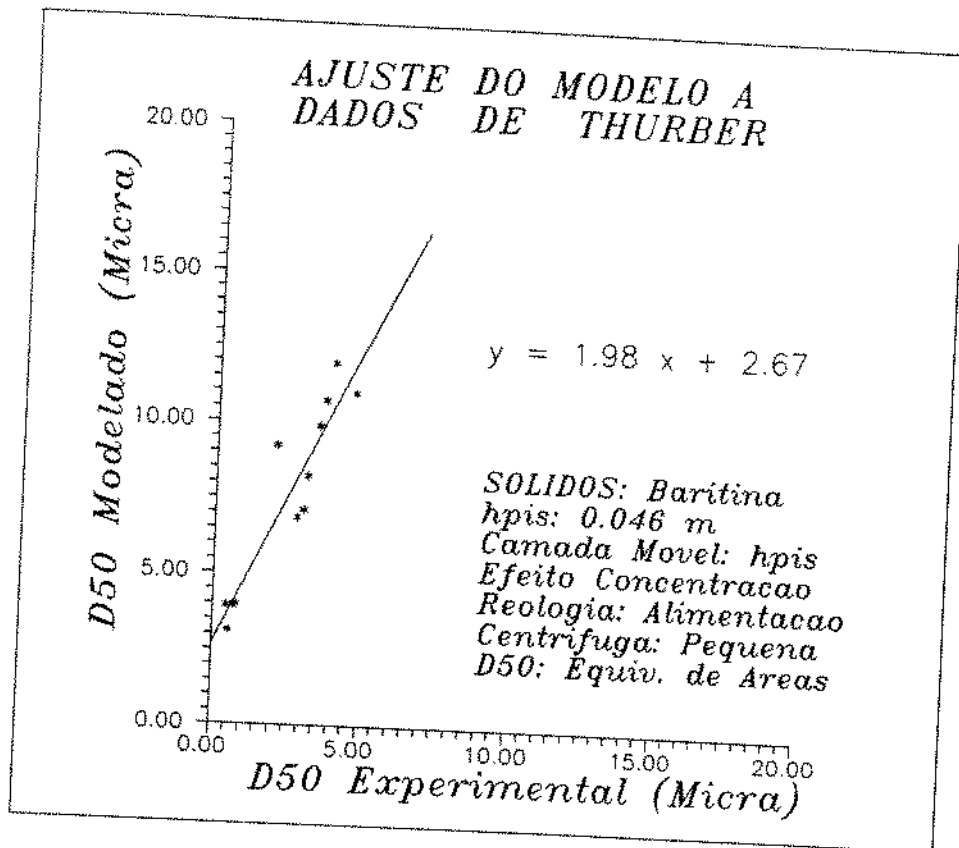


Fig.19 - Resultados de Thurber [34] com Baritina

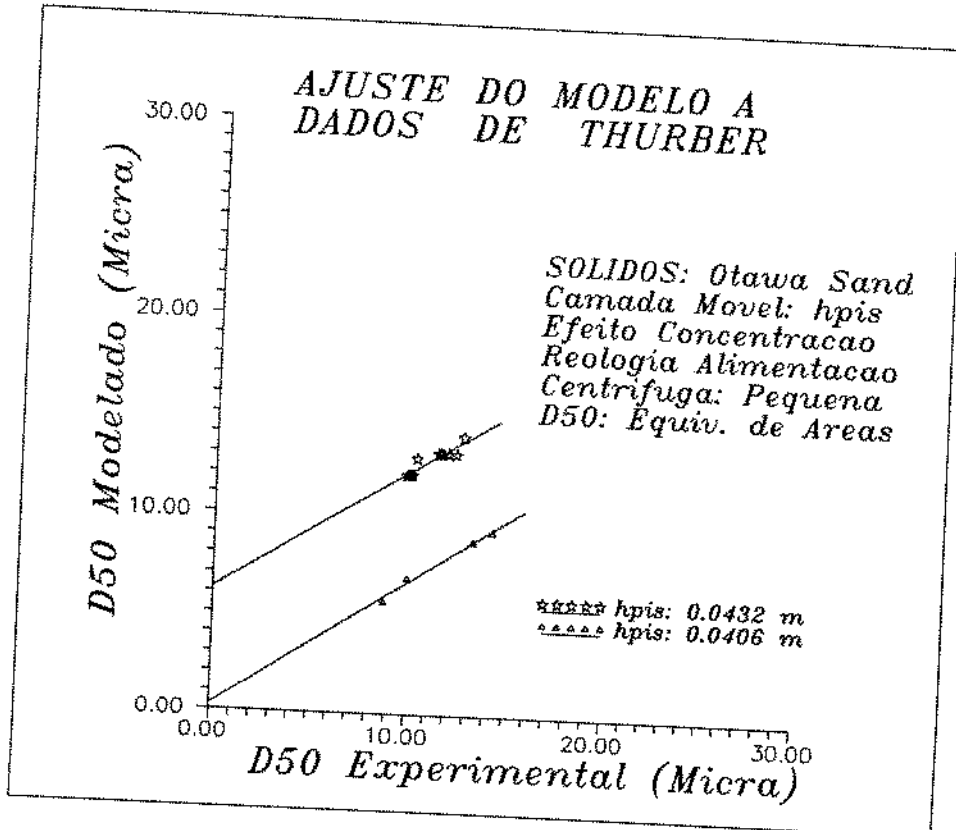


Fig.20 - Resultados de Thurber [34] com "Ottawa Sand"

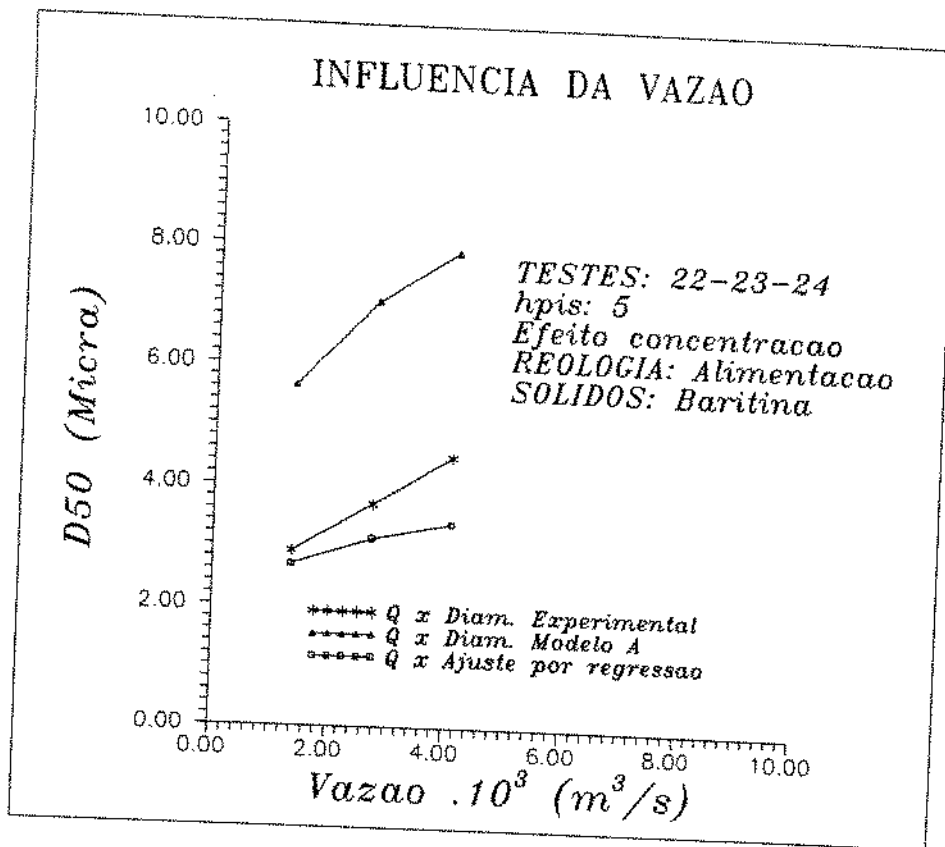


Fig.21 - Influência da Vazão nos Testes com Baritina

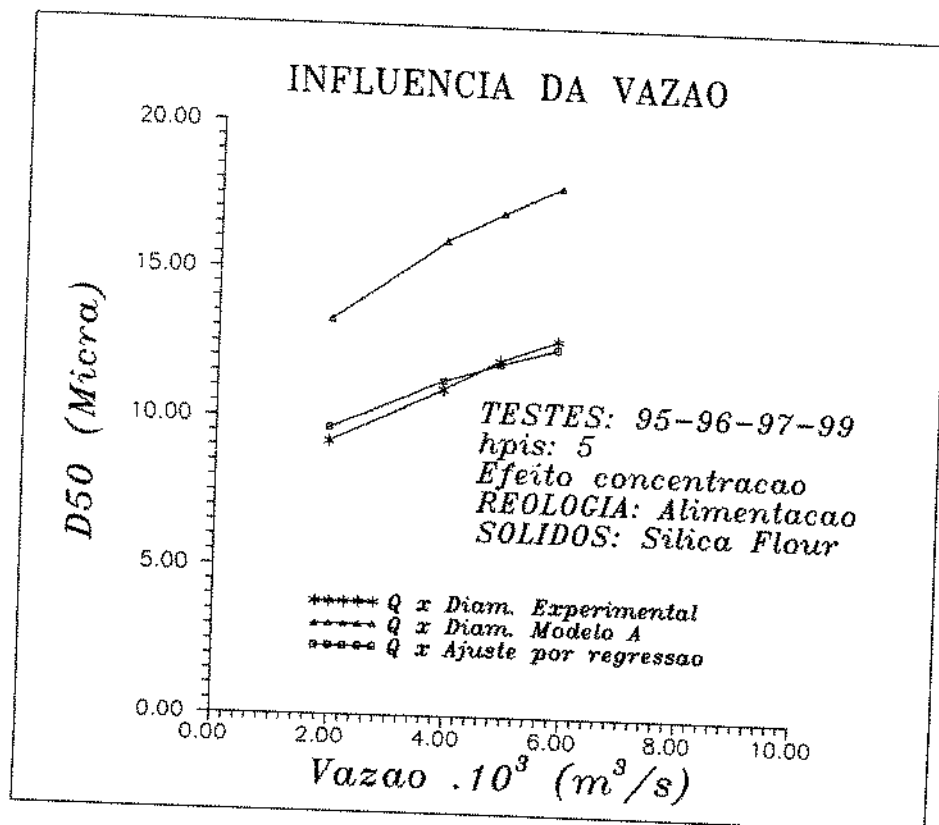


Fig.22 - Influência da Vazão nos Testes com Areia



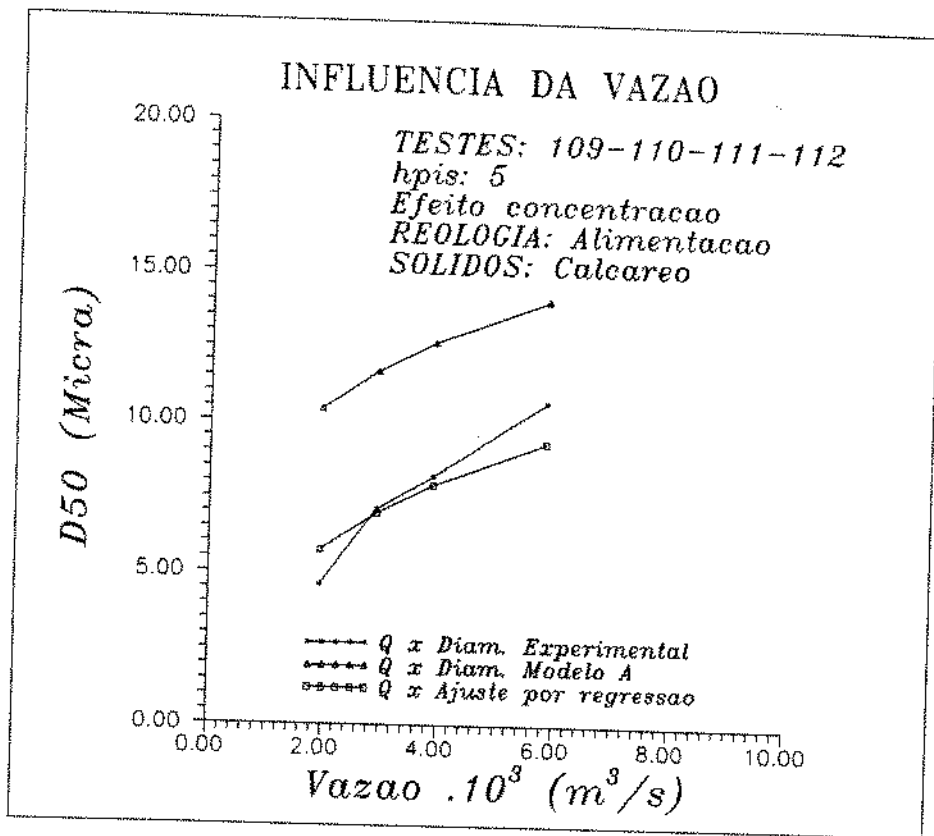


Fig.23 - Influência da Vazão nos Testes com Calcáreo

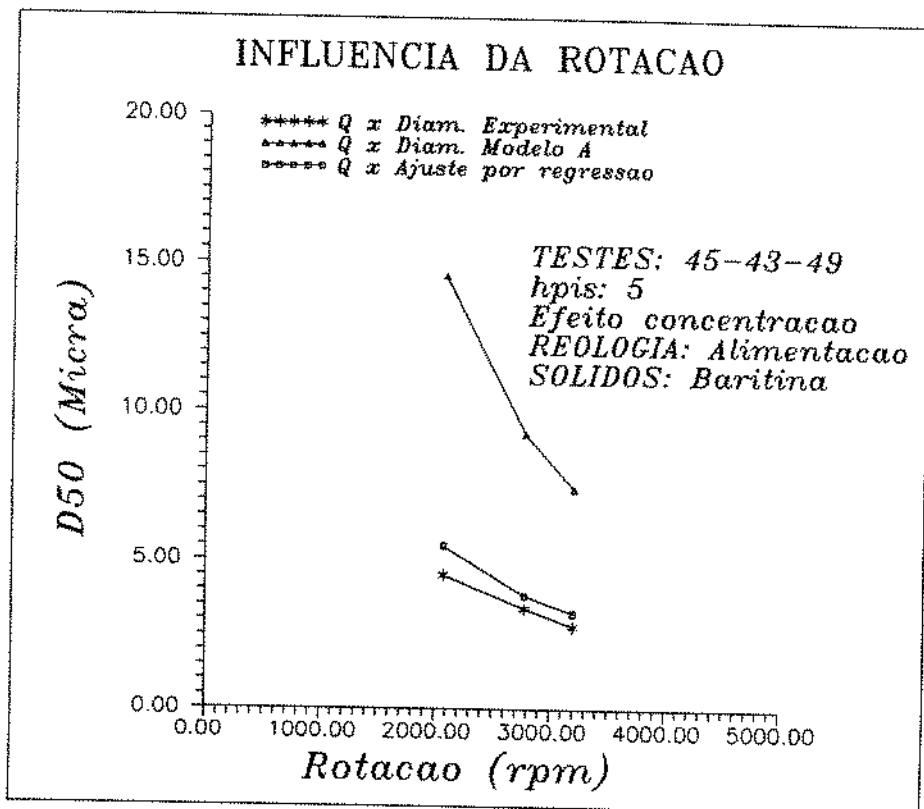


Fig.24 - Influência da Rotação nos Testes com Barita

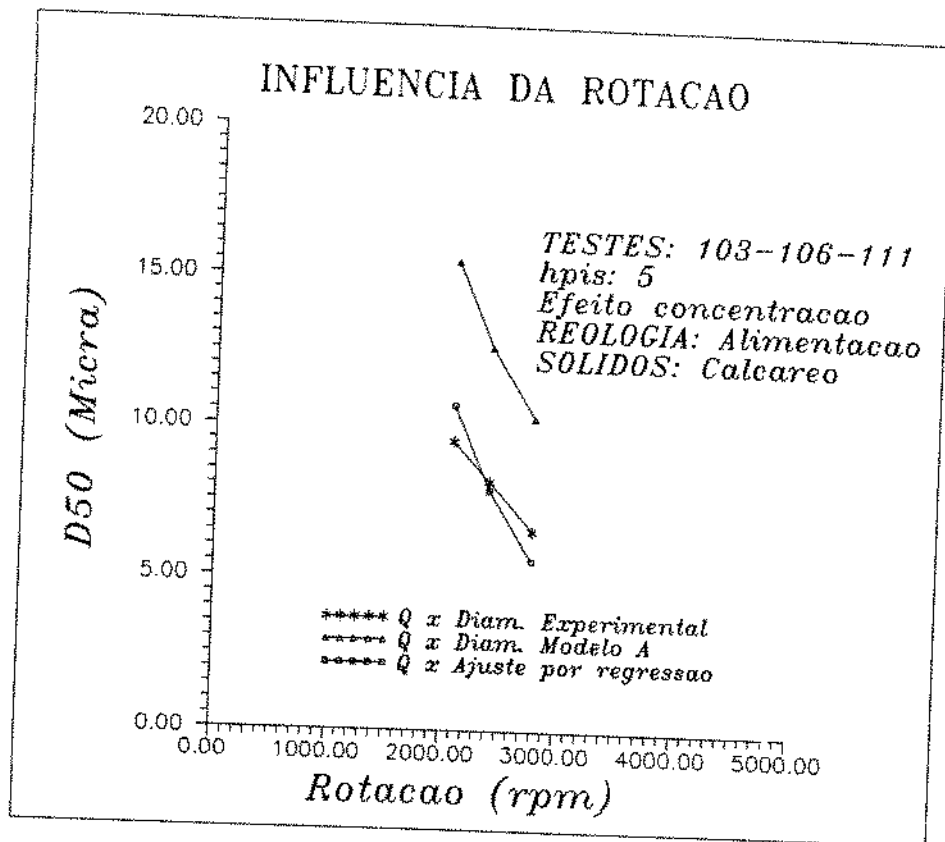


Fig.25 - Influência da Rotação nos Testes com Calcáreo

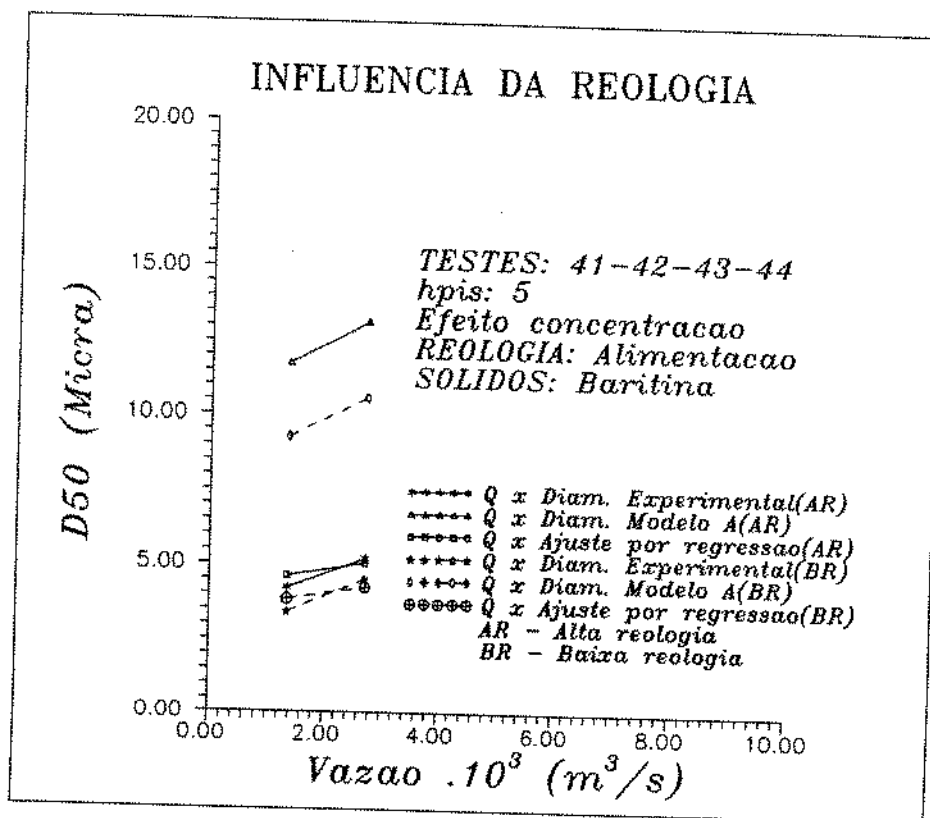


Fig.26 - Influência da Reologia da Alimentação

## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 7.1 CONCLUSÕES

1. Através do uso do equipamento contador de partículas Malvern, estabeleceu-se uma metodologia para aferição da eficiência da centrífuga em separar sólidos, baseada na curva de eficiência individual. Este mesmo procedimento é extensivo a outros separadores sólido-líquido, por ser o princípio de ordem geral. O diâmetro de corte,  $D_{50}$ , mostrou-se um bom parâmetro de aferição dos modelos. A metodologia de análise comparativa tanto das curvas de eficiência individual de coleta como da distribuição acumulada é sugerida como meio qualitativo prático de comparação entre testes.

2. O fato de que piscinas rasas devem dar, teoricamente e ao contrário do que preconiza a literatura baseada no conceito de "tempo de residência", maiores valores de eficiência, juntamente ao fato de que maiores valores são efetivamente encontrados em piscinas profundas, concorda com a teoria de resuspensão de sedimentos de Stahl [32] e sugere que deve haver uma altura intermediária onde a eficiência seja máxima. Na prática, deve-se considerar, porém, que maiores alturas de piscina reduzem o torque, por permitirem maior extensão de praia e que, neste caso, a máxima vazão de operação se reduz em vista da possibilidade de "flooding", embora este ponto nunca tenha sido alcançado nos experimentos realizados neste trabalho.

3. O cálculo do regime real de escoamento do fluido dentro do equipamento indica que regime turbulento possa mesmo ocorrer a baixas alturas de piscina, reforçando mais a teoria do item anterior.

Como a influência da presença de um perfil de escoamento é diminuta, como visto no capítulo 6, sendo inclusive possível a ocorrência de escoamento turbulento, considera-se que o uso de um perfil mais elaborado em geral não justifique a complexidade matemática adicional, em face dos bons resultados alcançados com o modelo tipo pistão.

O uso de um correlacionamento entre os resultados de modelos matemáticos e experimentais, permite o ajuste de previsões a dados reais com maior exatidão. As correlações apresentadas neste trabalho são exclusivas à análise pelo contador Malvern, tipos de sólidos e formulação empregada para a velocidade de sedimentação das partículas.

4. O emprego da formulação desenvolvida por Massarani e Telles [20] e Laruccia [16] para o cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em fluidos Não-Newtonianos, conduziu a resultados de  $D_{50}$  obtidos pelos modelos sempre superiores aos valores de  $D_{50}$  experimentais (figura 13). Os resultados estão coerentes com os dados experimentais para a velocidade de sedimentação gravitacional, empiricamente justificados por Thurber [34].

5. A necessidade de uma correlação para encontrar-se o  $D_{50}$  dá uma idéia da complexidade do processo de modelagem da curva de

eficiência individual. A possível ocorrência de outros fenômenos em paralelo, dificulta presentemente realizar tal empreendimento. Por este motivo, sugere-se o uso exclusivamente do valor de  $D_{50}$  ou, conforme sugestão 2, de um segundo diâmetro próximo ao  $D_{100}$ .

6. Os mais eficientes hidrociclones empregados atualmente no Brasil têm condições de separação que leva a um valor de  $D_{50}$ , grosseiramente em 20-30  $\mu\text{m}$  para os sólidos leves. O emprego de centrífuga reduz sensivelmente esta margem. Considerando que são exatamente os sólidos muito finos (menores que 5  $\mu\text{m}$  em geral) que causam os maiores problemas reológicos aos fluidos de perfuração e que estes se geram a partir da degradação de sólidos maiores não extraídos do sistema, o único equipamento atualmente capaz de cobrir este espaço é a centrífuga.

A característica mais marcante da centrífuga é a eliminação de uma torta de descarte virtualmente seca, o que torna o equipamento ainda incomparável quando se trata de controle de rejeitos poluentes líquidos. Ademais, sua peculiaridade na recuperação de barita justifica estudos profundos de seu funcionamento.

7. A secagem da torta não deve ser tomada como parâmetro de aferição de centrífugas, visto que a umidade residual é mais uma função do tipo e granulometria média dos sólidos (que dependem da alimentação) que de sua eficiência, como se pôde constatar nos testes realizados.

8. Verificou-se, pela realização de testes específicos, confirmando informações da literatura, que o reprocessamento de fluidos em vazões sucessivamente menores não é econômico. No entanto, o processamento a forças G superiores necessita de estudos mais detalhados. A aplicabilidade destes estudos está no uso de centrífugas em dois estágios para recuperação de baritina.

9. O emprego de baixas reologias e vazões, altas rotações e as considerações do item 2 destas conclusões conduzem a uma maximização de eficiência de centrífugas.

10. As anomalias apresentadas pelas curvas de eficiência individual de coleta nos testes com areia devem-se, provavelmente a três fatores. Um deles está ligado a possíveis erros que o contador de partículas deve dar para os pequenos tamanhos, uma vez que estas partículas estão muito concentradas no efluente e virtualmente ausentes no descarte; este fator propaga-se às fórmulas de cálculo da eficiência individual de coleta. Outro fator está ligado à extremamente baixa concentração de partículas finas nas amostras de areia e tem relação direta com o anterior.

Finalmente, é possível que realmente verifique-se o fenômeno de aglomeração nos testes, embora não se tenha podido comprová-lo neste presente trabalho.

## 7.2 SUGESTÕES

1. Este estudo preocupou-se exclusivamente com o aspecto de clarificação do fluido. Um modelo completo de centrífuga deve levar em conta sua capacidade em eliminação dos sólidos já sedimentados, uma vez que, não sendo os sólidos retirados eficientemente do equipamento, geram-se torques elevados e que desarmam o mesmo. Este compromisso está matematicamente expresso por meio do fator  $\beta$ , conforme Vesilind [37].

Existe uma proposta de trabalho, sugerida pelo Dr. Wojtanowicz, da Louisiana State University, no sentido de tentar conciliar os conceitos de  $\Sigma$  e  $\beta$  para a recuperação de baritina e paralela eliminação de sólidos leves, a qual se torna possível a partir do desenvolvimento do estudo do presente trabalho.

2. Muito embora o uso do  $D_{50}$  exclusivamente tenha-se mostrado adequado para análises comparativas, a inclusão de um segundo parâmetro como, por exemplo, o  $D_{90}$ , permitirá melhor distinção entre eficiências e, futuramente, a modelagem da curva de distribuição, visando simulação de um sistema extrator de sólidos completo.

3. Tendo em vista a utilização potencial de equipamentos tais como o Malvern 3600Ec (partículas de 1.2 a 500  $\mu\text{m}$ ) e o 4700c (para partículas de 0.001 a 5  $\mu\text{m}$ ) sugere-se um estudo específico para determinação de erros, correlações com outros analisadores e meios específicos adequados aos tipos de

sólidos em estudo.

As anomalias observadas na eficiência individual de coleta para pequenas partículas, especialmente nos casos com sílica flour, devem ser analisadas por outro equipamento para sua verificação. Elas ocorrem também nas análises de Thurber [34].

5. A importância do tema indica ser compatível a construção de uma unidade-piloto para estudos específicos acerca do equipamento, à imagem do construído na Universidade de Stuttgart, de forma a se poder fazer variações construtivas, verificando sua implicação na eficiência do equipamento.

6. A avaliação de centrífugas com base na eficiência global de coleta (desenvolvido no apêndice B) pode conduzir a conclusões errôneas quando empregados para o julgamento do equipamento, visto que esta propriedade depende fortemente da distribuição granulométrica da alimentação e que, por sua vez, é uma função do tipo de formação sendo atravessada, tipo de broca e equipamentos extratores à montante. Parece mais adequado, com este objetivo, avaliar centrífugas do ponto de vista de qualidade da assistência técnica e tempo de paralisação por defeitos. O item não se aplica ao critério de classificação de centrífugas: este pode ser efetivamente baseado no uso de modelos ou em teste comparativo específico.

7. Sugere-se um estudo específico da centrífuga hidrociclone ou "Superclone centrifuge", que é um equipamento composto de cones de 0.0508 m (2 polegadas) e que, conforme cita a



literatura, pode conduzir a bons resultados.

8. Finalmente, sugerem-se estudos sobre a construção de centrífugas de grande porte, como as que já se empregam nos Estados Unidos, com capacidades de até 600 gpm ( $0.038 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ambler, C. M. Ind. Eng. Chem. , 1961 6, 430-433.
2. Bird, R. B., Armstrong, R.C. & Hassager, O. Dynamics of polymeric liquids. Wiley, 1977.
3. Bird, R. B., Stewart, W. E. & Lightfoot, E. W.. Transport Phenomena. Wiley, 1960.
4. Cheremisinoff, N. P. Pocket handbook for solid-liquid separations, 1985.
5. Churchill, S. W. The development of theoretically based correlations for heat and mass transfer. Presented at the First Latin-American Conference on Heat and Mass Transfer, La Plata, Argentina, 1982.
6. Dodge, D. W. & Metzner, A. B. AIChE J., 1959, 5, 189-204.
7. Faust, T. & Gösele, W. Investigation of the clarification process in decanter centrifuges. Ger. Chem. Eng. 1986, 9, 136-142.
8. Faust, T. Untersuchungen über die strömungen und absetzvorgänge in der klärzone von dekantern (Dr.-Ing. Thesis). Universität Stuttgart, 1983.

9. Framptom, G. A. Evaluating the performance of industrial centrifuges. Chemical and Process Engineering, 1963, 402-412.
10. Gibson, K. R. Particle classification efficiency calculations by geometry. Powder Technology, 1977, 18, 165-170.
- 11 Ginesi, D. A raft of flowmeters on tap - Part II, Chemical Engineering, 1991, 146-155.
12. Gösele, W. Unveröffentlichte literaturstudie zum thema der leistungsberechnung von vollmantel-zentrifugen am institut für mechanische verfahrenstechnik der Universität Stuttgart, 1968.
- 13 Harris, C. C. Trans. SME, 1969, 6, 187-190.
- 14 Kelsall, D. F. The theory an applications of the hydrocyclone in Poole and Doyle, Solid-Liquid Separations. H.M.S.O., London, 1966.
- 15 Khalas, G., Fyulep, Y., Monoshtory, É., Polisnski, K. & Teresh, R. Calculation of the capacity of centrifuges with screw discharge. Inzhenerm-Fizicheskii Zhurnal, 1985, 1 , 116-128.
- 16 Laruccia, M. B. Velocidade de sedimentação em fluidos

- não-Newtonianos: efeito da forma e da concentração de partículas (Dissertação de Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1990.
- 17 Litvine, F. Niveau réel du liquide dans un bol de décanteur centrifuge. Informations Chimie. 1989, 310, 327-334.
- 18 Lloyd, P. J. & Ward, A. S. Filtration and Separation. 1975, 12.
- 19 Massarani, G., Alguns aspectos da separação sólido-fluido, Tópicos Especiais em Sistemas Particulados, Vol2, cap 1, 1986.
- 20 Massarani, G. & Telles, A. S. Escoamento de fluidos não-Newtonianos na vizinhança de partículas sólidas. Anais do III Simpósio Brasileiro de Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro, 1977.
- 21 McCave, I. N., Bryant, R. J., Cook, H. F. & Coughanowr, C. A. Evaluation of a Laser diffraction size analyser for use with natural sediments. Jour. Sed. Petrology, Vol 56, 1988.
- 22 Nesterowitsch, A. A., Gelperin, N. I., Schoropad, D.E. Technologische berechnung schnelllaufender klärzentrifugen. NOGSch. Chem. erdöltechn Maschinenbau, 1967, 4, 15-18.

- 23 Oseen, C. W. Neuere methoden und ergebnisse in der hydrodynamik. Academische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1927.
- 24 Patel, J. & Steinhauser, J. A material balance method to evaluate drill-fluid solids removal equipment. Petroleum Engineer International, 1979, 86-94.
- 25 Pettyjohn, E. S. & Christiansen, E. B. Effect of particle shape on free-settling rates of isometric particles. C.E.P., 1948, Vol 44, Nr 2, 157.
- 26 Richardson, J. F. & Zaki, W. N. Sedimentation and fluidisation : Part I. Tans. Instn. Chem. Engs. , 1954, 32, 35-53.
- 27 Richardson, J. F. & Zaki, W. N. The sedimentation of a suspension of uniform spheres under conditions of viscous flow. Chem. Eng. Sc., 1954, Vol 3, 65-73.
- 28 Robertson, R. E. & Stiff, H. A., Jr. An improved mathematical model for relating shear stress to shear rate in drilling fluids and cement slurries. Soc. Pet. Eng. J., 1976, 31-36.
- 29 Rothfus, R. R., Monrad, C. C. & Senecal, V. E. Velocity distribution and fluid friction in smooth concentric annuli. Industrial and Engineering Chemistry, 1951, vol

42, nr 12, 2511-2520.

- 30 Schnittger, J. R. Integrated Theory of separation for bulk centrifuges. Ind. Eng. Chem. Proc. Dev., 1970, vol 9, nr 3.
- 31 Singer, J. K., Anderson, J. B., Ledbetter, M. T., McCave, I. N., Jones, K. P. N. & Wright, R. An assessment of analytical techniques for the size analysis of the fine-grained sediments. Journal of Sedimentary Petrology, 1988, vol 58, 534-543.
- 32 Stahl, W. & Langeloh, T. Improvement of clarification in decanting centrifuges. Ger. Chem. Eng., 1984, 7, 72-84.
- 33 Svarovsky, L. Solid-liquid separation. London, England, Holt-Rinehart-Winston, 1984.
- 34 Thurber, N. E. Study of the performance of centrifuge decanter (Dissertação de Mestrado). Tulsa: University of Tulsa, 1988.
- 35 Thurber, N. E. Comunicação pessoal, 17 de abril, 1991.
- 36 Trawinsky, H. Kapazität, trenneffect und dimensionierung von vollmantel schleudern. Chem. -Ing. -Techn. 1959, 10, 661-666.

37 Vesilind, A. P. Estimating centrifuge capacities. Chem. Eng. 1974, 54.7.

38 Yang, T. M. T. & Krieger, I. M. Comparison of methods for calculating shear rates in coaxial viscometer. Journal of Rheology, 1978, 22(4), 413-421.

## APÉNDICES



## APÊNDICE A

### GRANULOMETRIA DE PARTÍCULAS PELO ANALISADOR MALVERN

Um número crescente de equipamentos eletrônicos tem sido desenvolvido nas últimas décadas, permitindo análises mais precisas e rápidas que a clássica pipeta de Andreasen.

Dentre estes, contam-se os que calculam um diâmetro equivalente de esfera como o diâmetro de Stokes, baseados na velocidade de sedimentação das partículas, como é o caso do Hidrofotômetro ou do Sedigraph. Outros, calculam um tamanho diretamente, como é o caso do Electrozone Particle Counter (um tipo de Coulter Counter) que dá um diâmetro de esfera com mesmo volume que as partículas que atravessam seu detector, ou os contadores a Laser (CILAS, Malvern e Leeds), que usam padrões próprios de comparação conforme se discute a seguir.

A técnica de análise de tamanhos por difração de raios Laser é baseada no princípio de que partículas de dados tamanhos causam difração da luz segundo ângulos específicos e que aumentam com a diminuição do tamanho das partículas.

Um feixe estreito de luz monocromática é passada através de uma suspensão e a luz difratada é focada sobre um anel detector com múltiplos elementos. O detector percebe a distribuição angular de intensidade de luz espalhada. Uma lente, colocada após a amostra iluminada e com o detector em seu ponto focal, foca a luz não difratada em um ponto no centro do detector. Isto deixa apenas o espectro de luz envolvente, o qual não varia com o movimento da partícula.

Por isto, uma corrente fluida contendo partículas

pode circular através do feixe para gerar um espectro de difração estável. Esta distribuição angular de intensidade de luz  $I(\varphi)$  é dada por:

$$I(\varphi) = \int_0^{\infty} r^2 n(r) J_1^2(k r \varphi) dr$$

Onde  $\varphi$  é o ângulo de espalhamento,  $r$  é o raio da partícula;  $n(r)$  é a função de distribuição de tamanhos;  $J_1$  é a função de Bessel de primeira espécie e  $k = 2\pi/\lambda$ , sendo que o valor de  $\lambda$  é 633 nm aqui. Uma vez medida  $I(\varphi)$ , esta expressão deve ser invertida para obtenção da distribuição em tamanhos.

Os diversos equipamentos a Laser existentes diferem entre si pela natureza do detector e método de inversão usado. Para o Malvern estão disponíveis três tipos de lente, com distância focal de 63 mm (para 1,2 a 118  $\mu\text{m}$ ), 100 mm (para 1,9 a 188  $\mu\text{m}$ ) e 300 mm (para 5,6 a 564  $\mu\text{m}$ ). A escolha para as análises nesta tese recaiu na lente de 63 mm. O equipamento não dá boa indicação da quantidade de material abaixo do range analítico. Segundo Mc Cave [21], a quantidade indicada entre 0,5 e 2  $\mu\text{m}$  foi de apenas 16 a 20% daquela realmente presente nesta faixa em um teste específico.

A preparação da amostra envolve desagregação do sedimento. Uma alíquota não superior a 3% em volume é adicionada à câmara que contém o agitador magnético. O tempo de análise é em torno de 10 minutos por amostra.

## APÊNDICE B

### FORMULÁRIO USADO NOS CÁLCULOS DE EFICIÊNCIA E BALANÇOS MATERIAIS

Observou-se que a eficiência global, variável significativa para os cálculos de eficiência individual de coleta na separação, pode ser calculada, basicamente, por duas formas: uma, que emprega apenas as densidades dos fluxos de processo e, outra, que emprega, além de densidades, as vazões. Para as fórmulas que foram deduzidas com base em balanços materiais, a seguinte simbologia é utilizada:

$\rho$  = densidade

$x$  = fração em massa

ET1 = eficiência global baseada apenas em densidades

ET2 = eficiência global baseada em densidades e  
vazões

M = vazão mássica de dada corrente do processo

Q = vazão volumétrica de dada corrente do processo

Os índices empregados são:

A = alimentação

E = efluente líquido

D = descarte sólido

F = fluxo de processo, podendo ser A, E ou D

S = sólidos

L = líquido ou fluido básico sem sólidos ( $\rho_L \approx 1.00$ )

1. Fração em massa de uma corrente qualquer  $f$

$$x_f = \frac{\rho_s (\rho_f - \rho_L)}{\rho_f (\rho_s - \rho_L)}$$

2. ET1

$$ET1 = \frac{x_D (x_A - x_E)}{x_A (x_D - x_E)}$$

$$M_{SA} = Q_A x_A \rho_A$$

$$M_A = M_{SA} / x_A$$

$$M_{SE} = M_{SA} (1 - ET1)$$

$$M_E = M_{SE} / x_E$$

$$M_{SD} = M_{SA} ET1$$

$$M_D = M_{SD} / x_D$$

3. ET2

$$ET2 = \frac{M_{SD}}{M_{SA}}$$

$$M_{SA} = Q_A x_A \rho_A$$

$$M_{SE} = Q_E x_E \rho_E$$

$$M_{SD} = M_{SA} - M_{SE}$$

Nota-se que a diferença básica entre as duas fórmulas apresentadas é, na primeira, a presença da densidade média do material semi-sólido descartado, enquanto que, na segunda, surge a vazão de efluente. Ocorre que normalmente não se dispõe de dois medidores para a vazão e os erros nesta medida costumam ser significativos. Na primeira fórmula, embora seja

difícil a determinação da densidade da pasta, em vista de trapeamento de ar, o valor exato influi muito pouco no cálculo da eficiência conforme se pôde verificar pela análise de sensibilidade. Dispõe-se ainda de uma ótima precisão no caso de uso do autopicnômetro existente no CENPES/DICAT.

Para as análises realizadas neste trabalho, em vista da presença de apenas um tipo de sólido de densidade bem conhecida, as densidades foram determinadas em laboratório conforme explicado no capítulo 5.

Como a montagem experimental permitiu, foram feitas leituras também das vazões de efluente para confrontação dos resultados, o que confirmou a boa precisão nos resultados de ET1.

Foi feito também um programa computacional que permite a realização de todos os cálculos de balanço acima e ainda, empregando valores das eficiências individuais obtidas pelo Malvern, faz uma contabilização da massa separada em cada faixa de granulometria lida, comparando o total ao esperado, através do cálculo pelas vazões e densidades. As fórmulas básicas neste programa são:

Concentração volumétrica de sólidos :

$$C_{VOL} = x (\rho_F / \rho_S)$$

Vazão volumétrica de sólidos separados:

$$Q_{SEPI} = G_i C_{VOLIA} Q_A$$

Onde G é a eficiência individual de coleta, que pode ser considerada em relação às massas ou volumes já que a densidade dos sólidos é uma constante.

Para o cálculo da concentração volumétrica dos sólidos em cada faixa de tamanho, empregou-se:

$$C_{VOLIA} = \frac{(ALIM_i - ALIM_{i-1})}{100}$$

Onde ALIM se refere à distribuição acumulada da alimentação para uma faixa de tamanhos de partícula entre i e i-1. Daí a importância de o analisador fornecer uma distribuição de tamanhos de partículas em termos de massa e não número ou superfície.

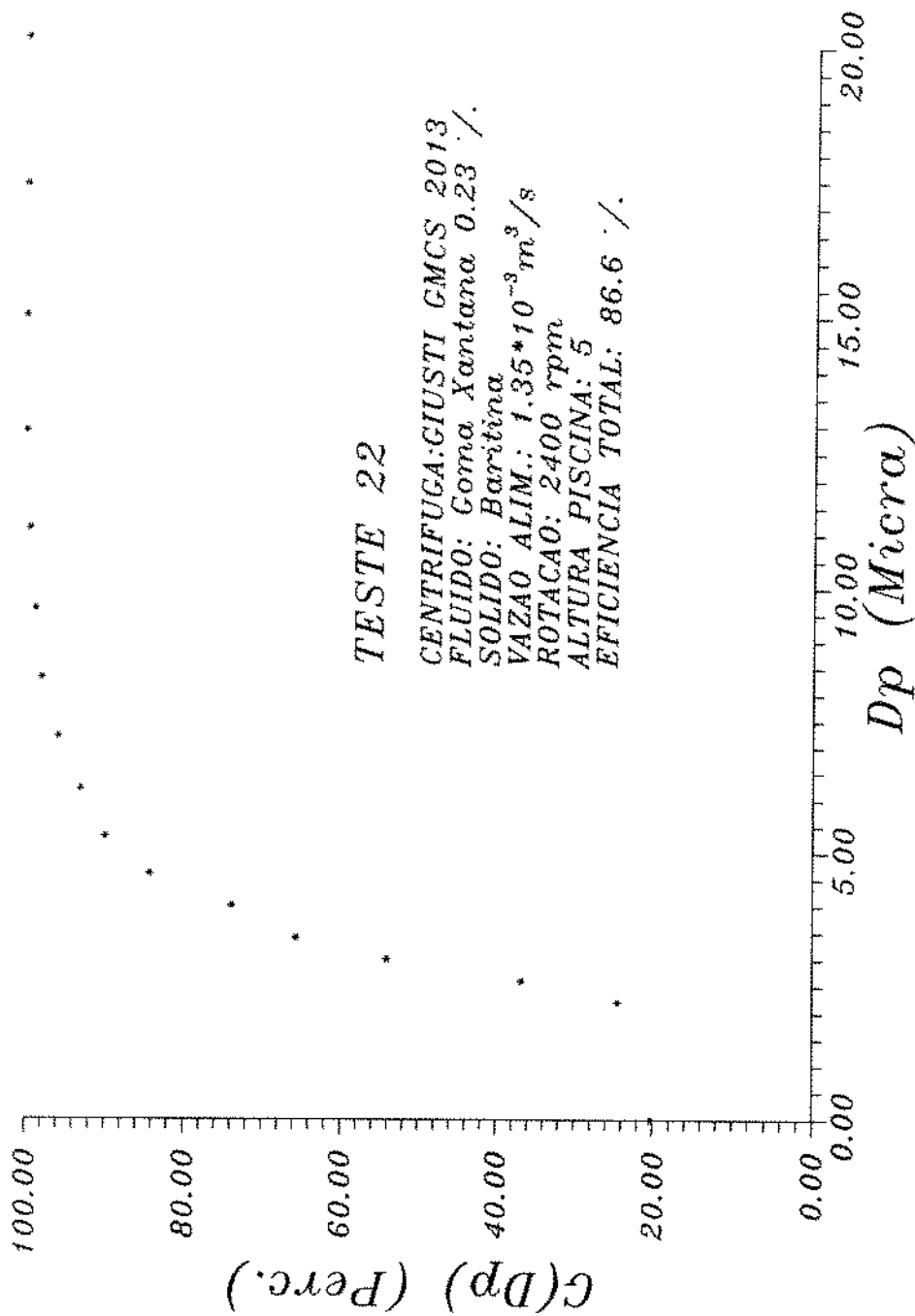
Uma vez encontrada a vazão em volume de sólidos sendo separada, é possível calcular-se a vazão em massa de sólidos no descarte ou de descarte como um todo, conhecida a densidade do descarte e dos sólidos.

Em geral, a diferença encontrada entre os cálculos de balanço por meio de vazões e densidades e por meio da metodologia acima descrita foi menor que 2%. Se considerar-se ter sido este o erro nas medidas de vazão e densidades, verifica-se uma excelente compatibilidade.

## A N E X O 1

CURVAS DE EFICIÊNCIA INDIVIDUAL DE COLETA  
PARA OS TESTES ANALISADOS COM O  
CONTADOR DE PARTÍCULAS MALVERN

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

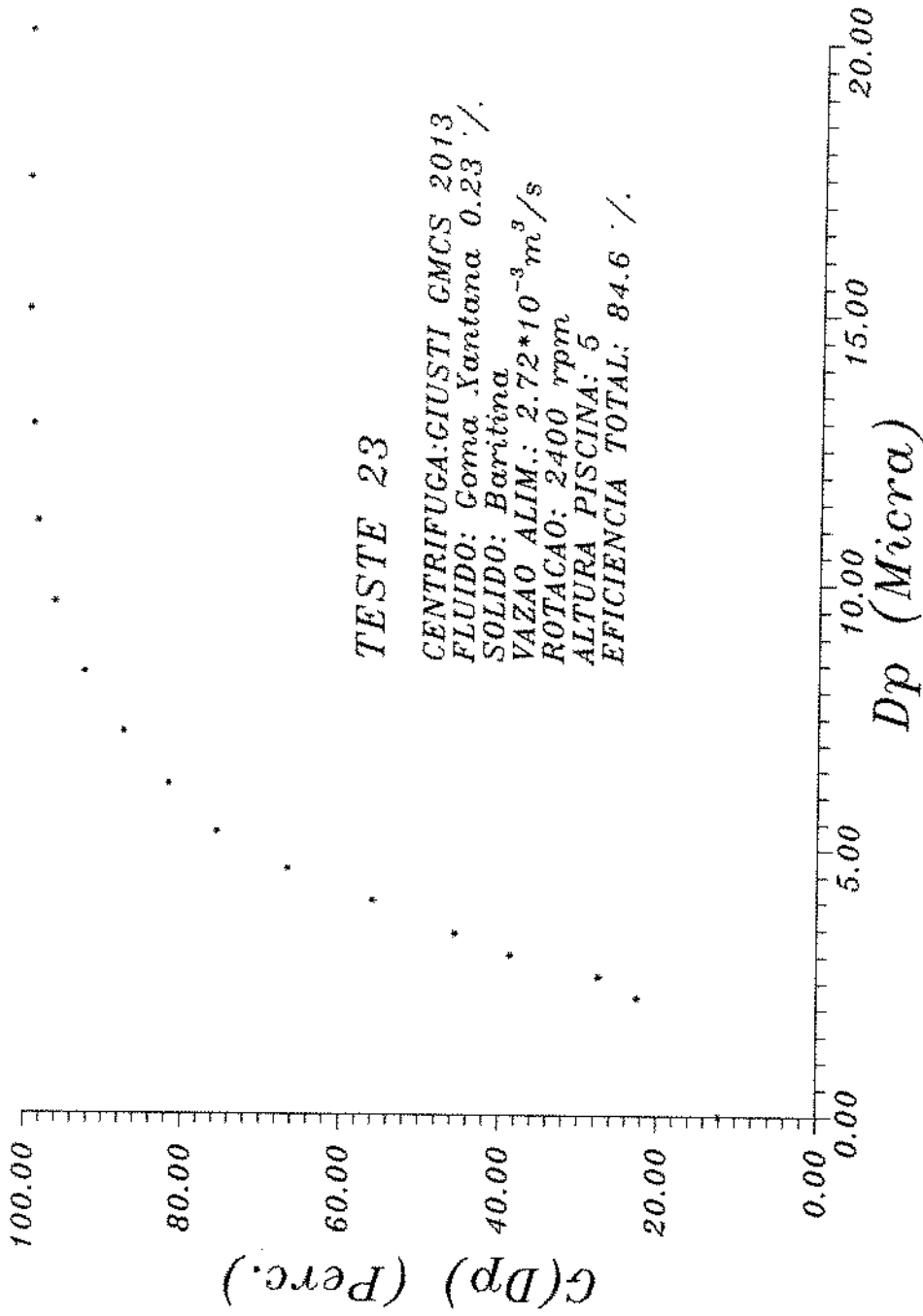


## TESTE 22

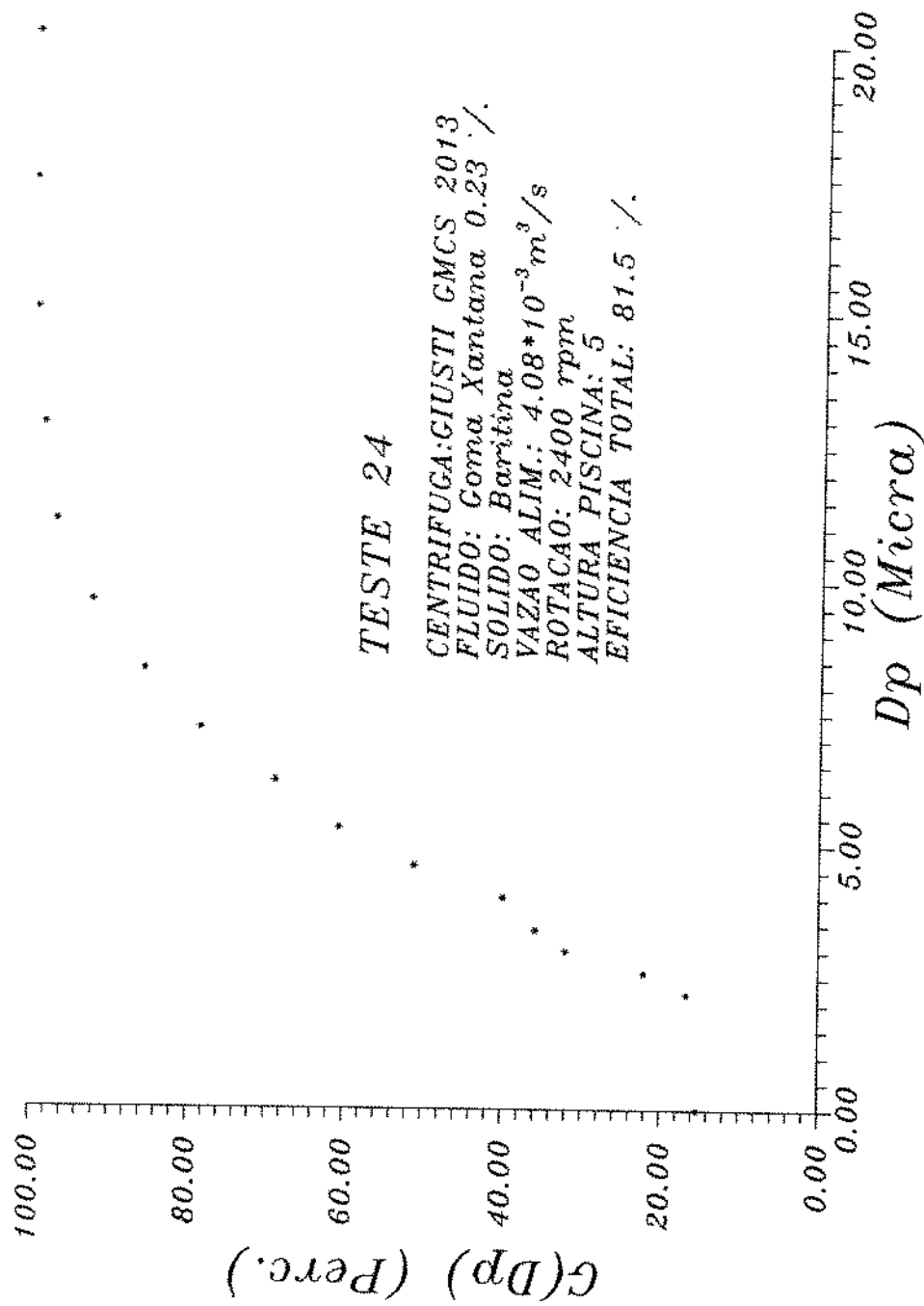
CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Coma Xantana 0.23 %/  
SOLIDO: Baritina  
VAZAO ALIM.:  $1.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2400 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 86.6 %



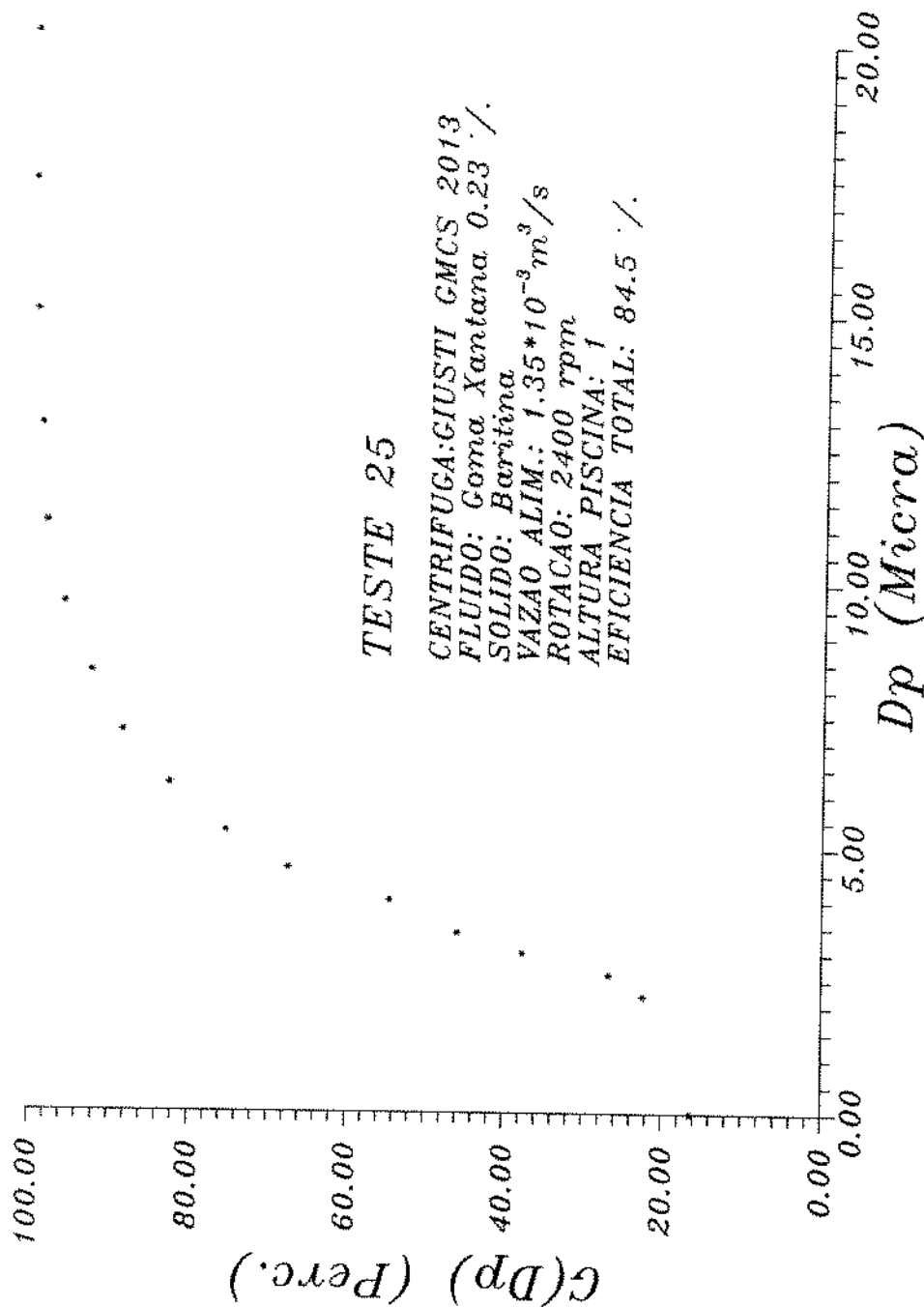
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



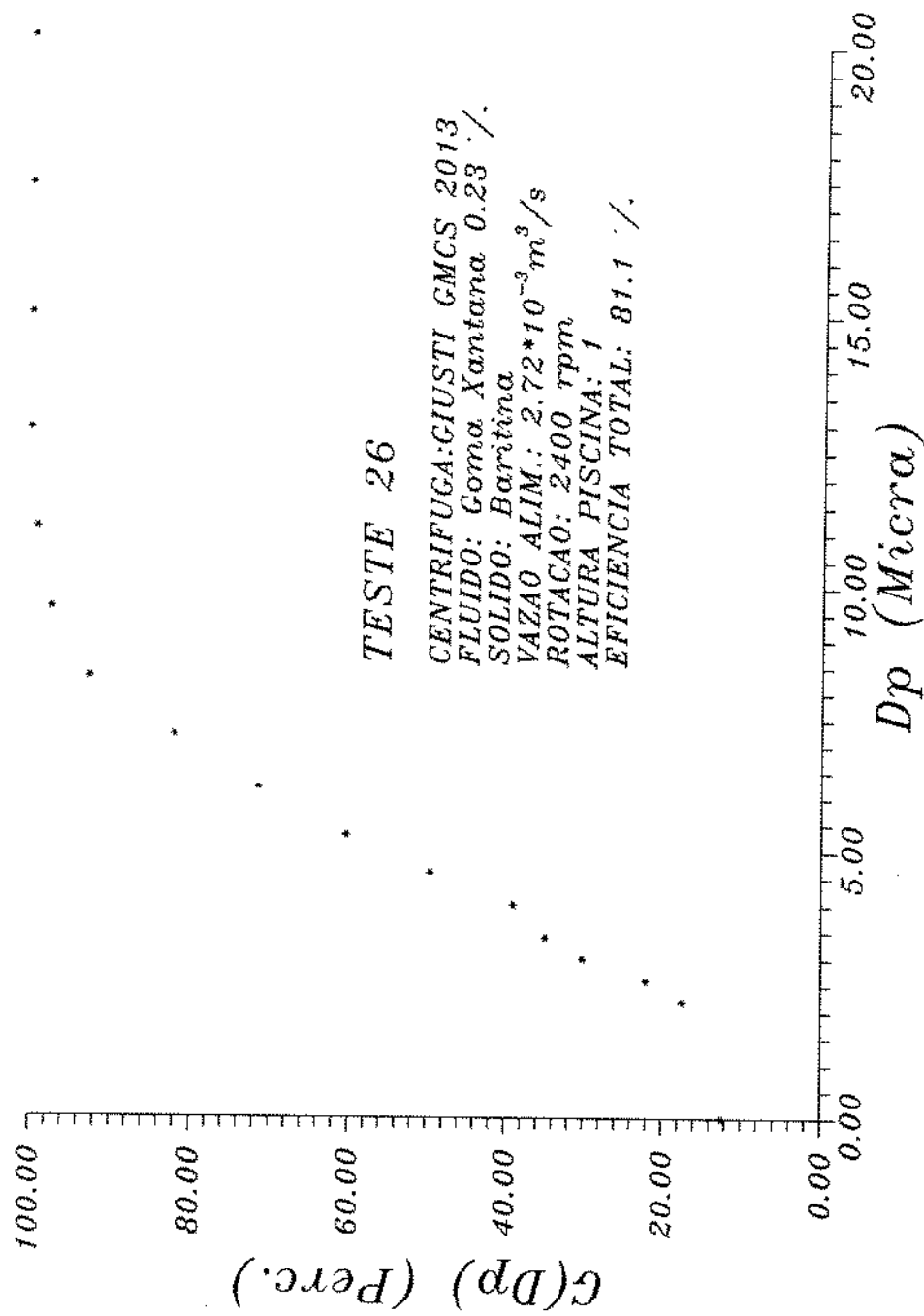
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



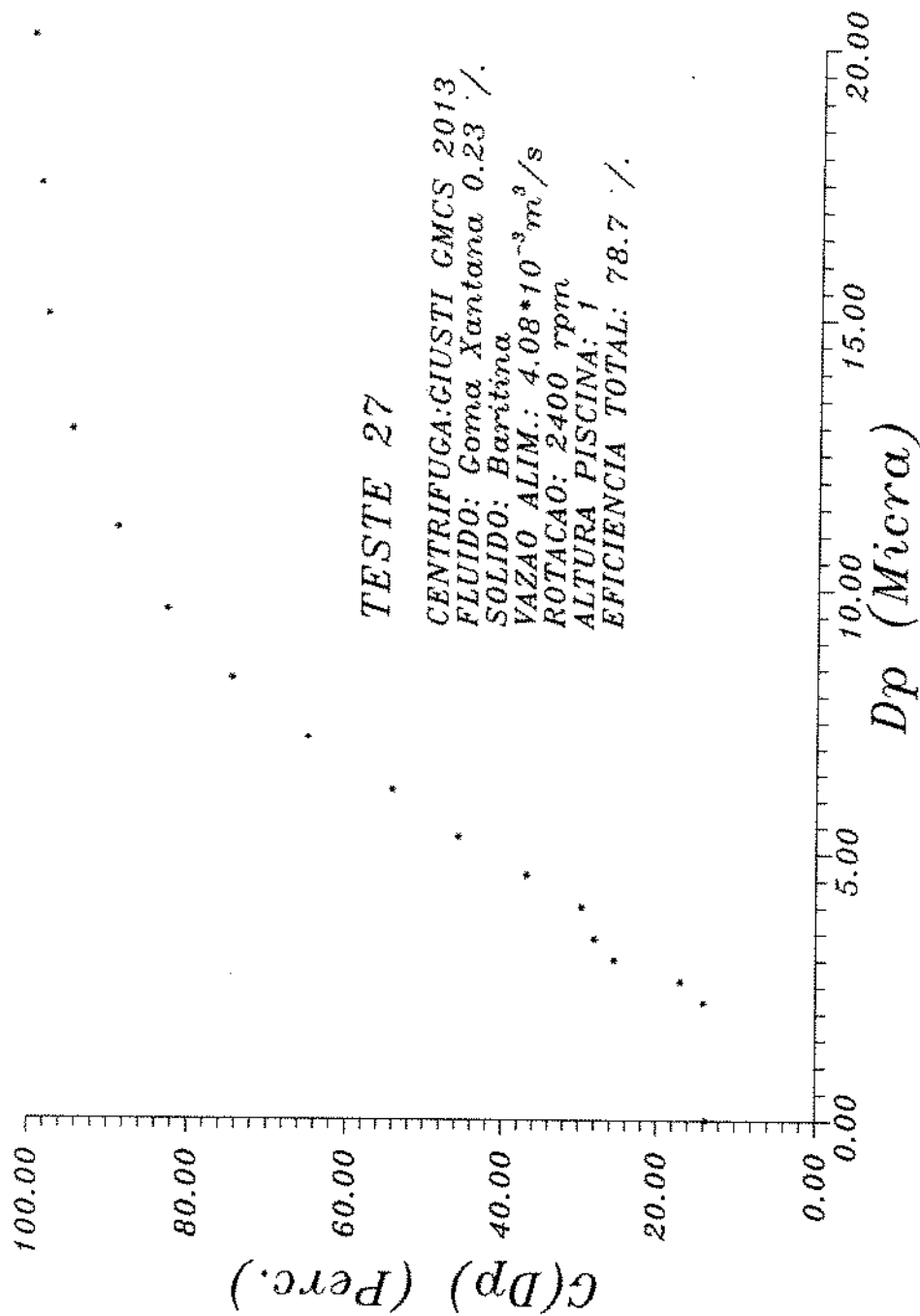
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



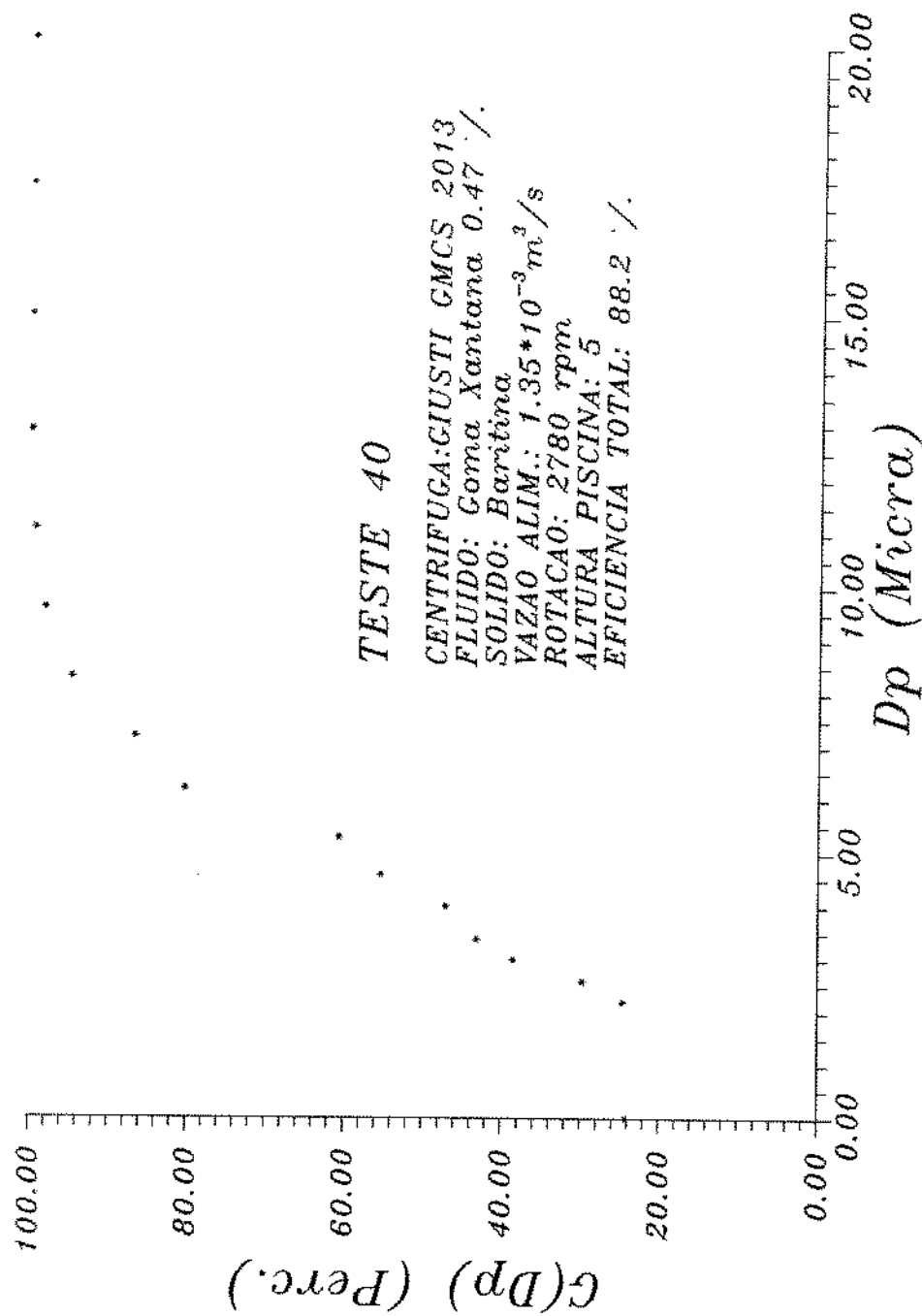
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



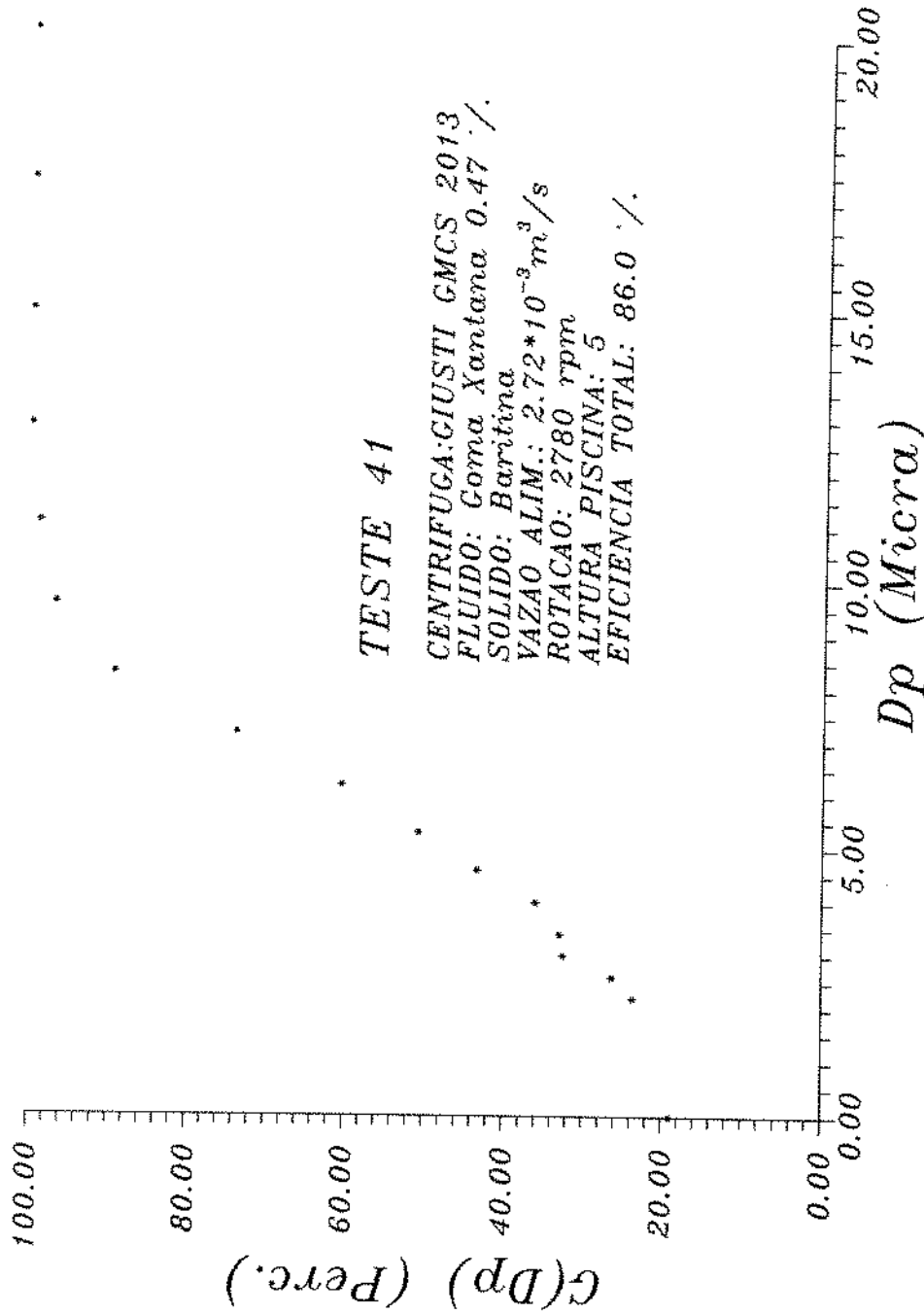
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



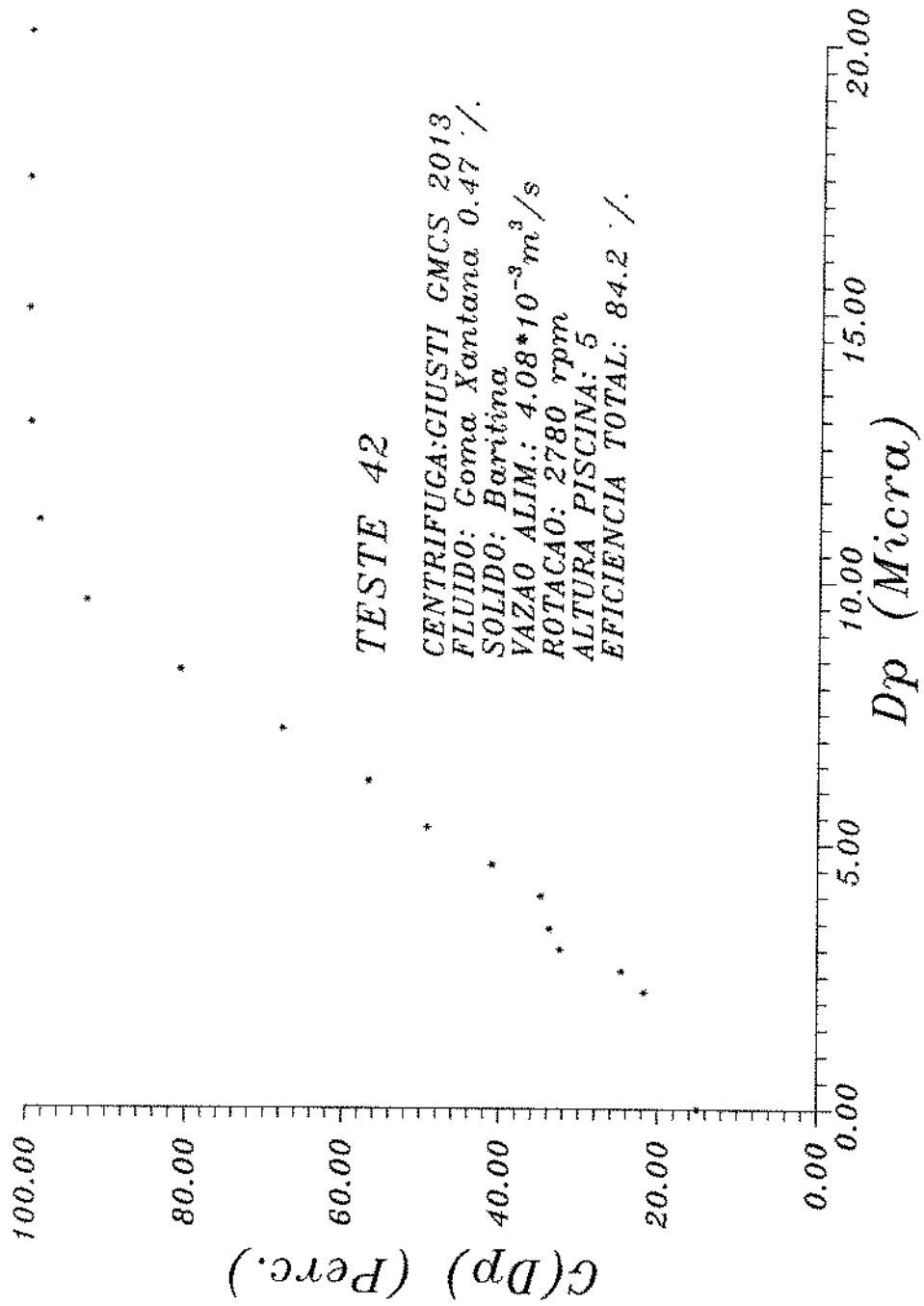
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

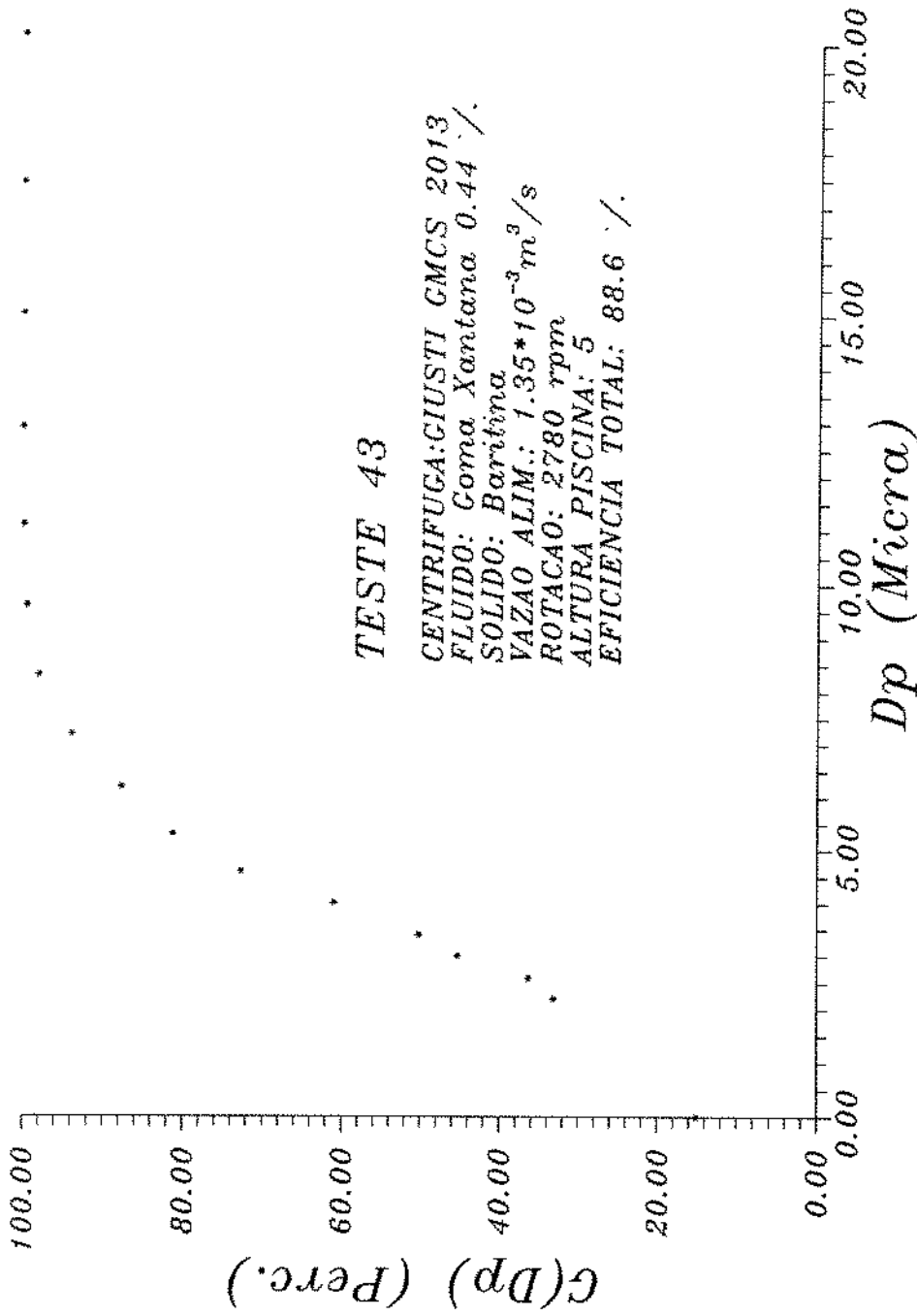


# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

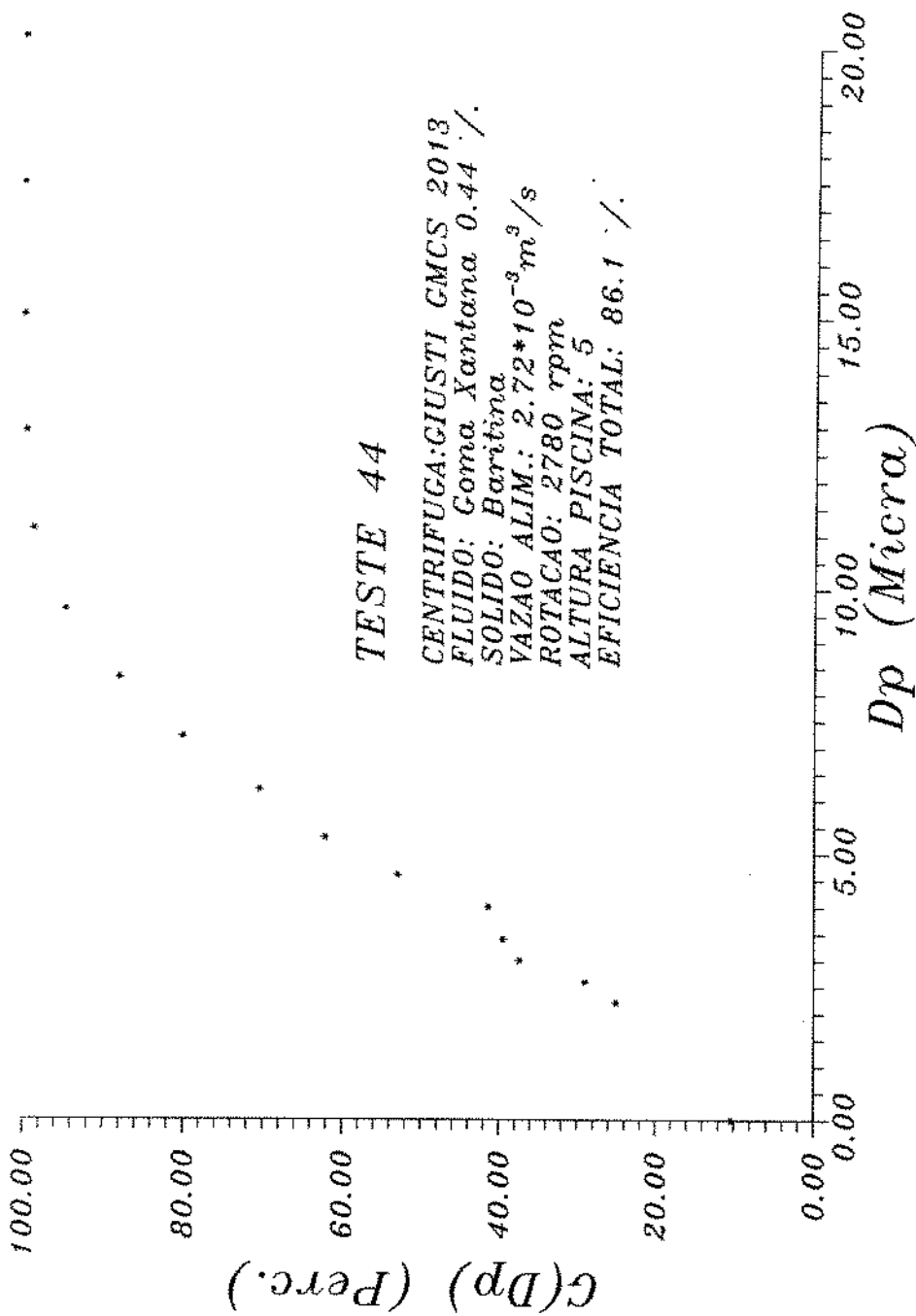




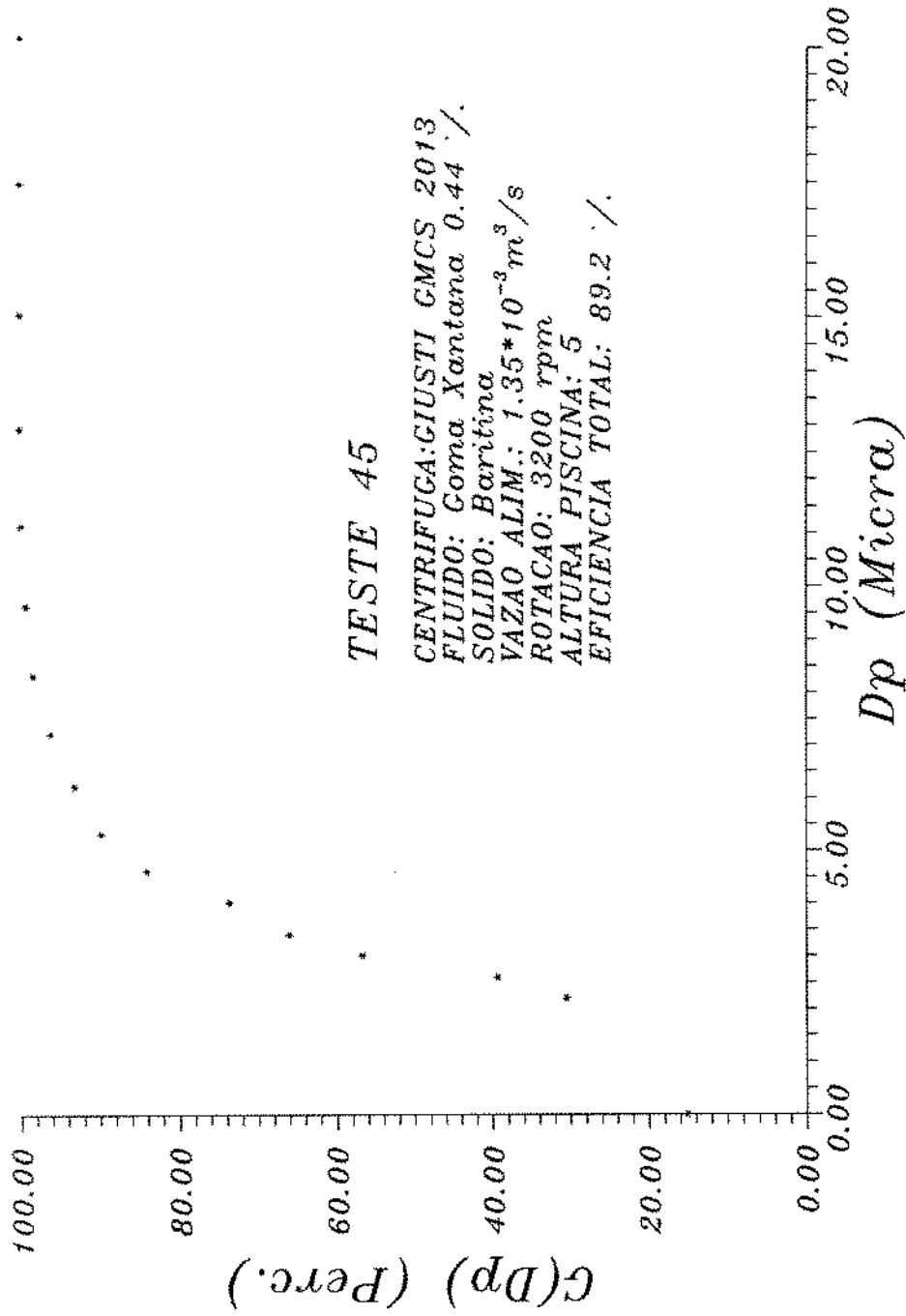
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



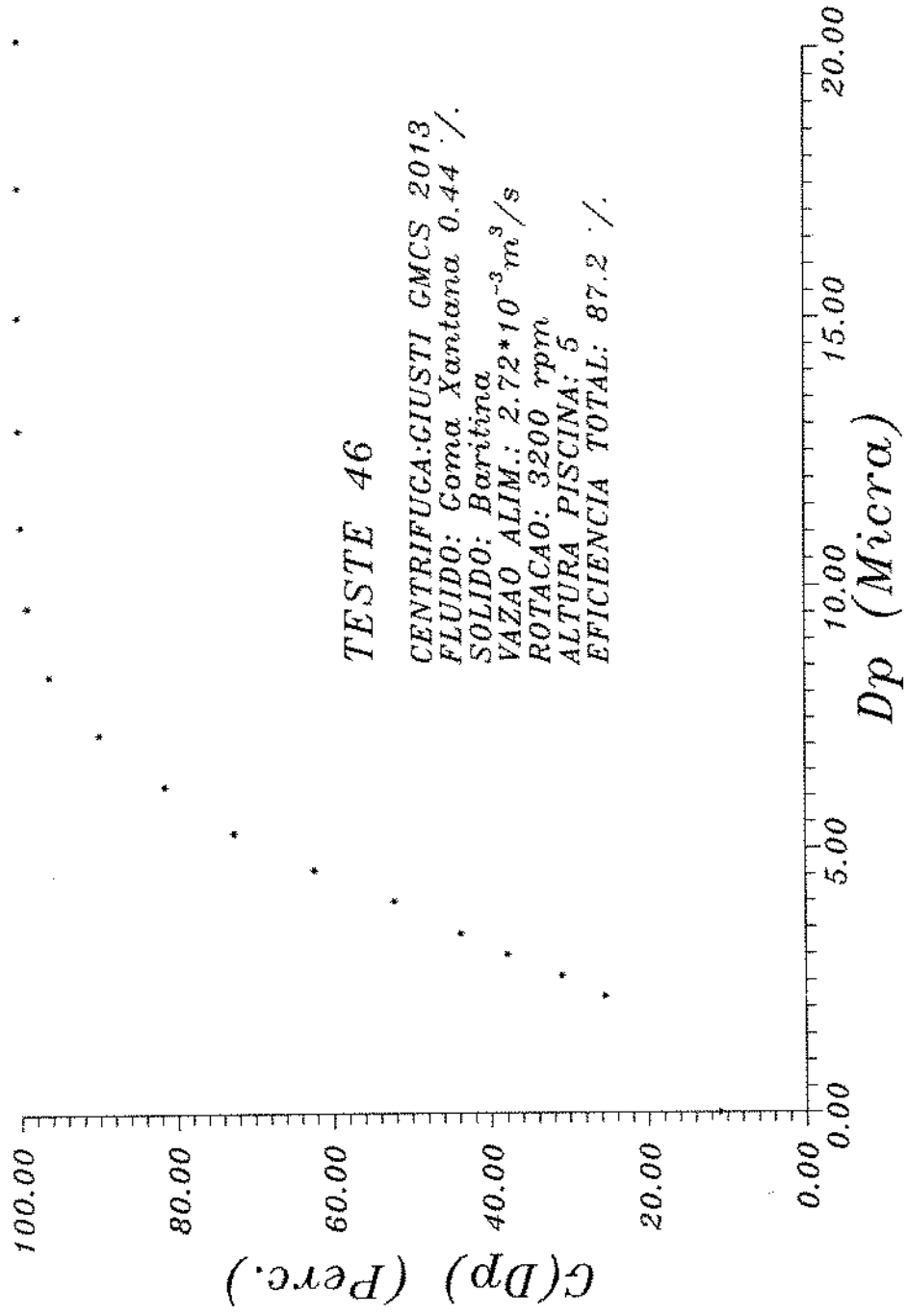
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



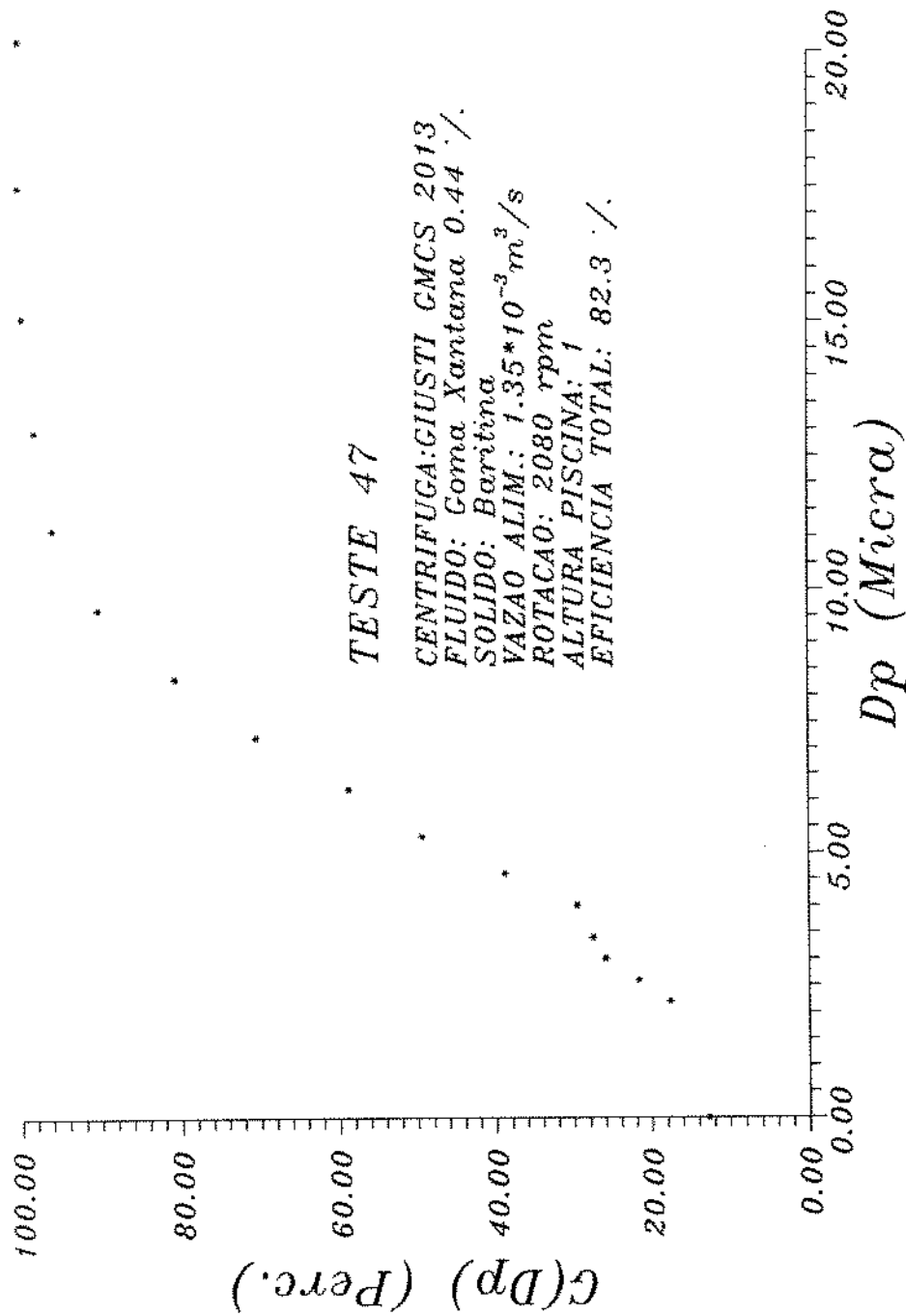
## TESTE 45

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.44 %  
SOLIDO: Baritina  
VAZAO ALIM.:  $1.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 3200 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 89.2 %

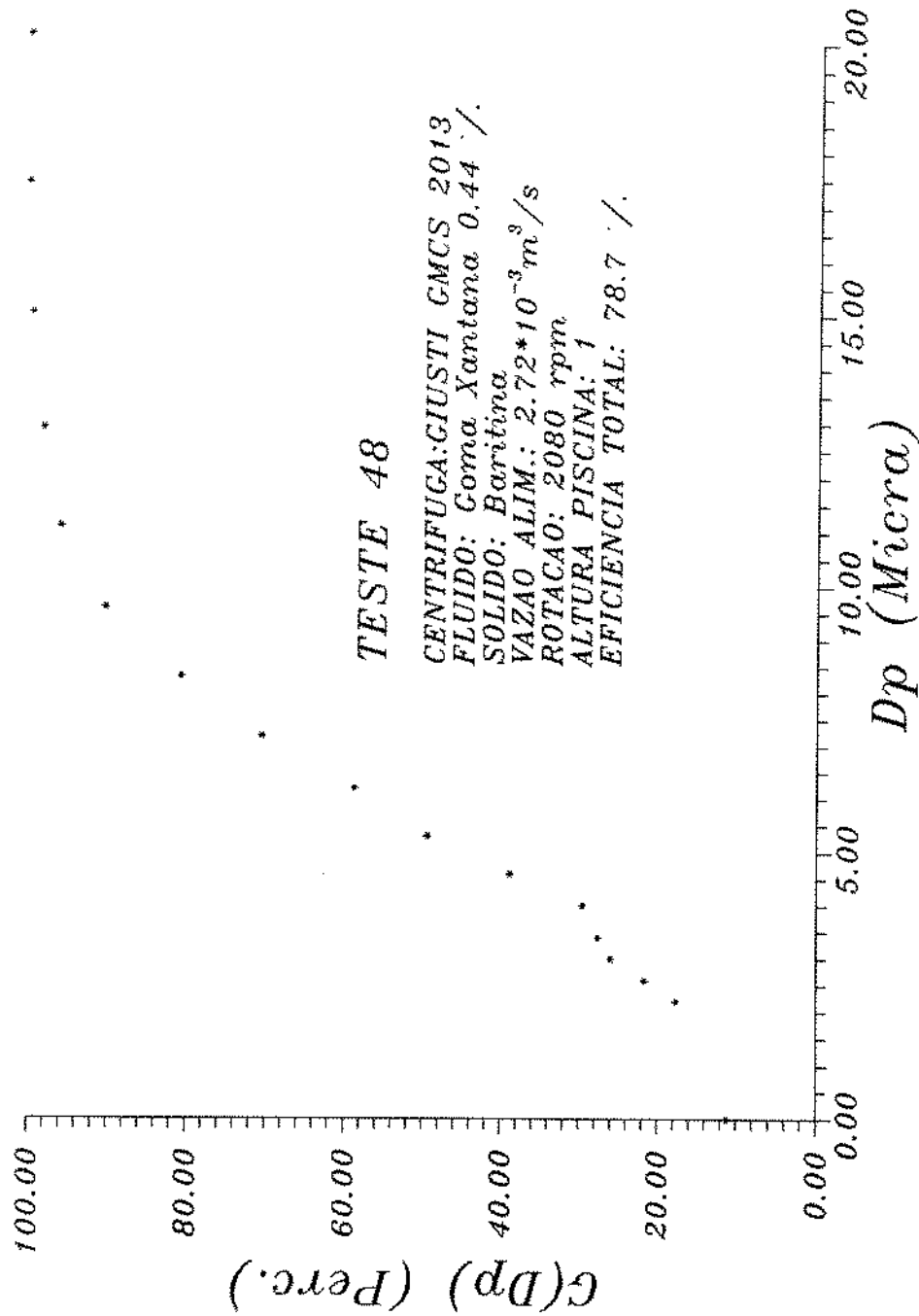
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



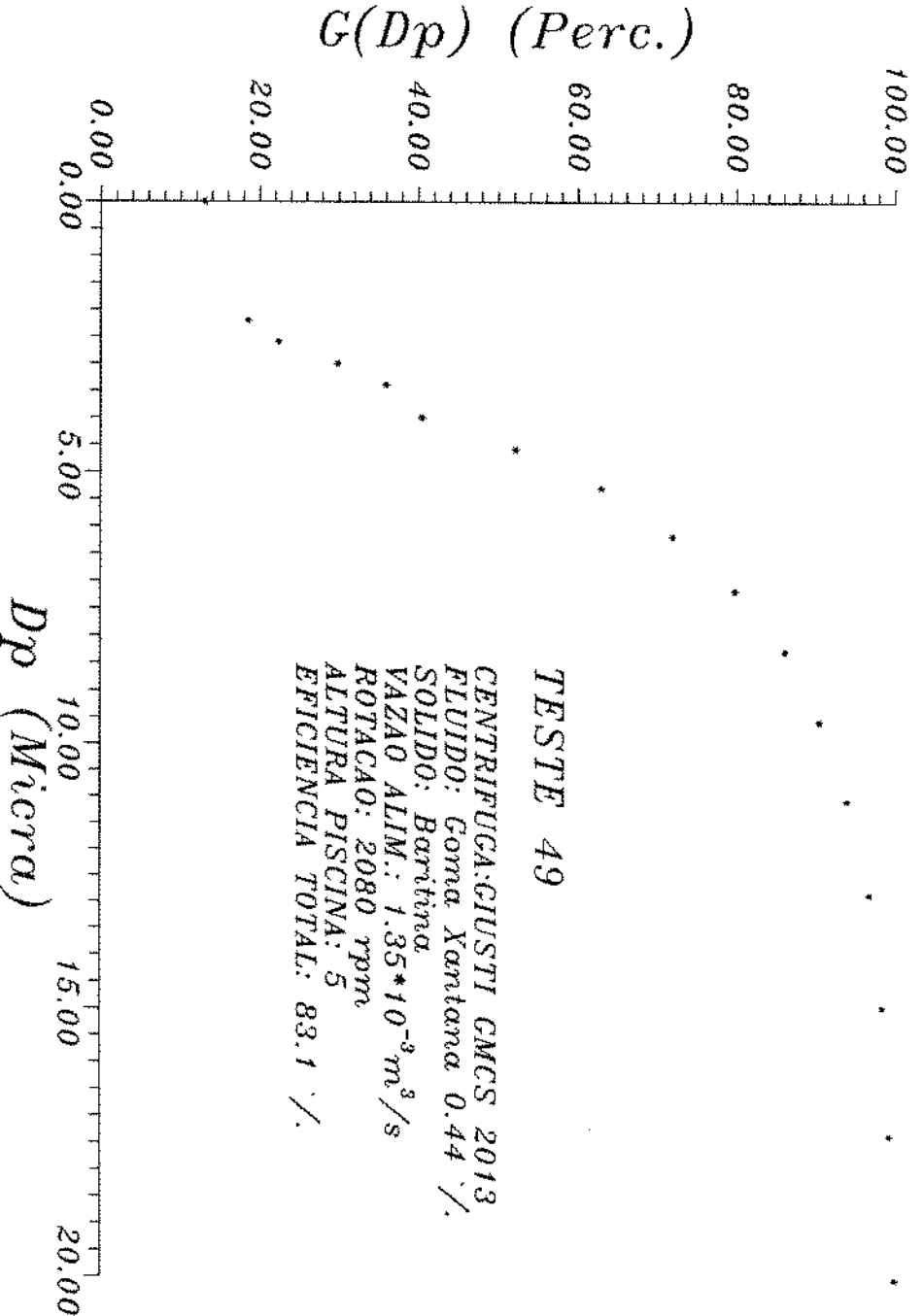
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



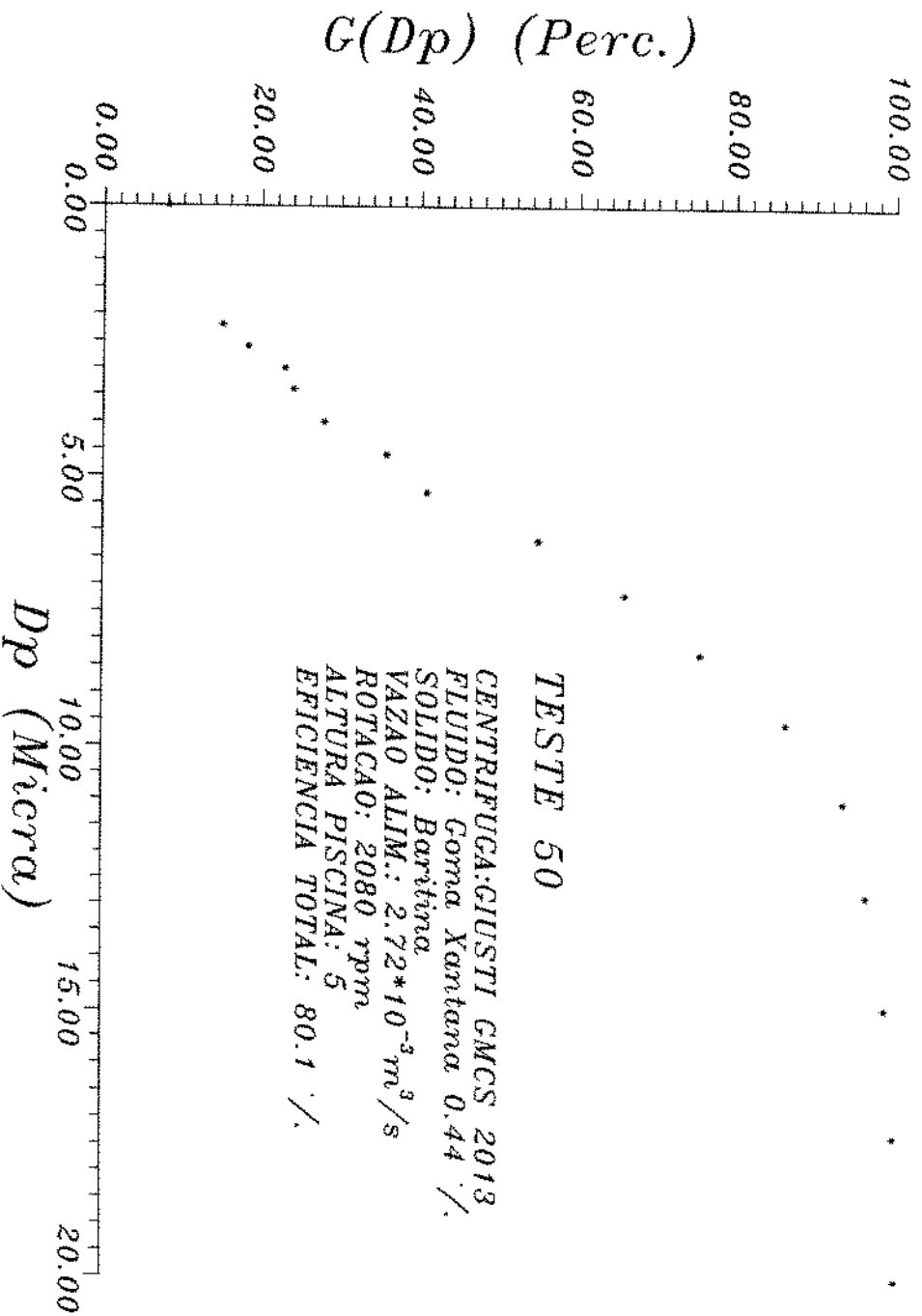
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



## TESTE 49

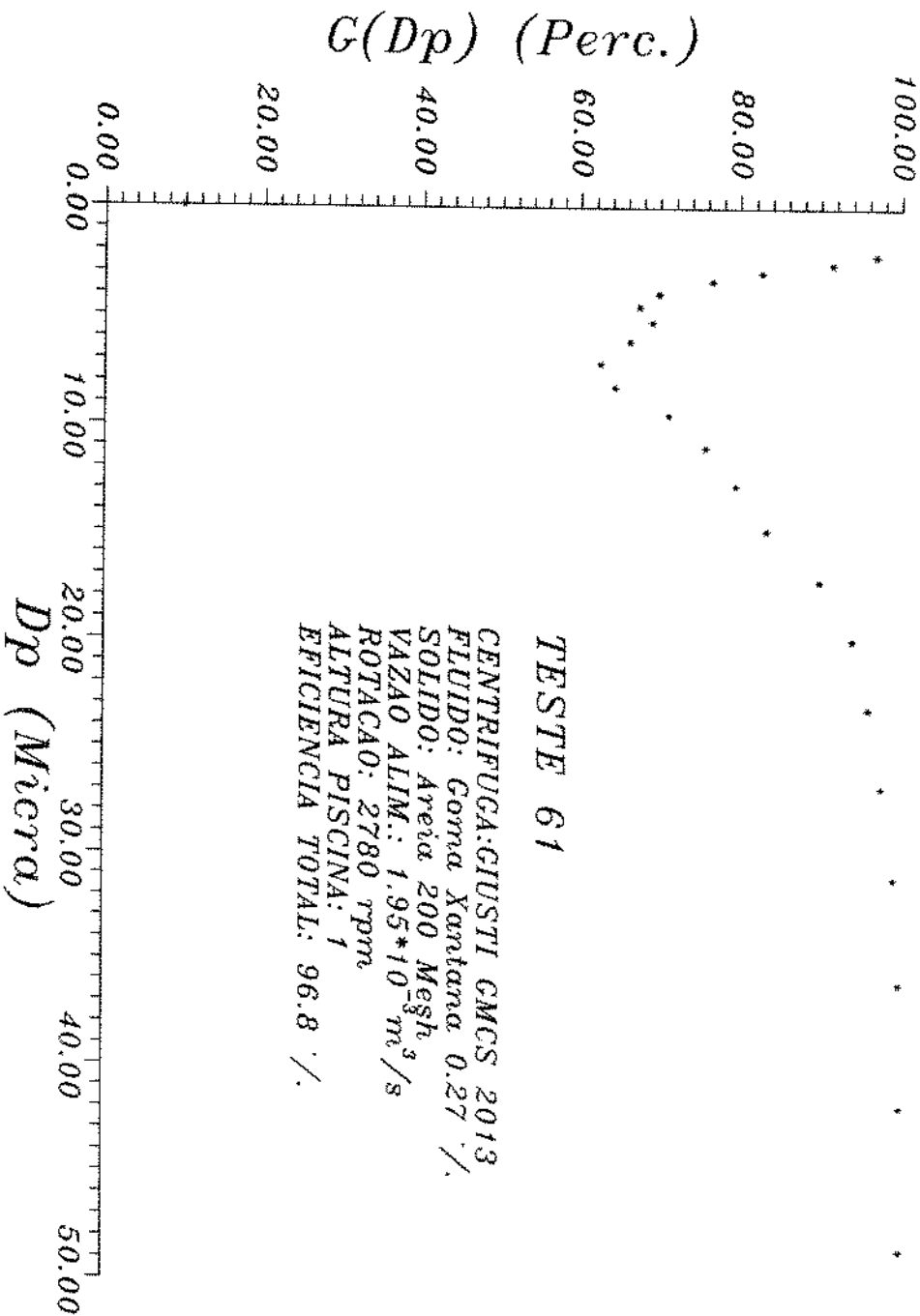
CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.44 %/  
SOLIDO: Barritina  
VAZAO ALIM.:  $1.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 83.1 %

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA





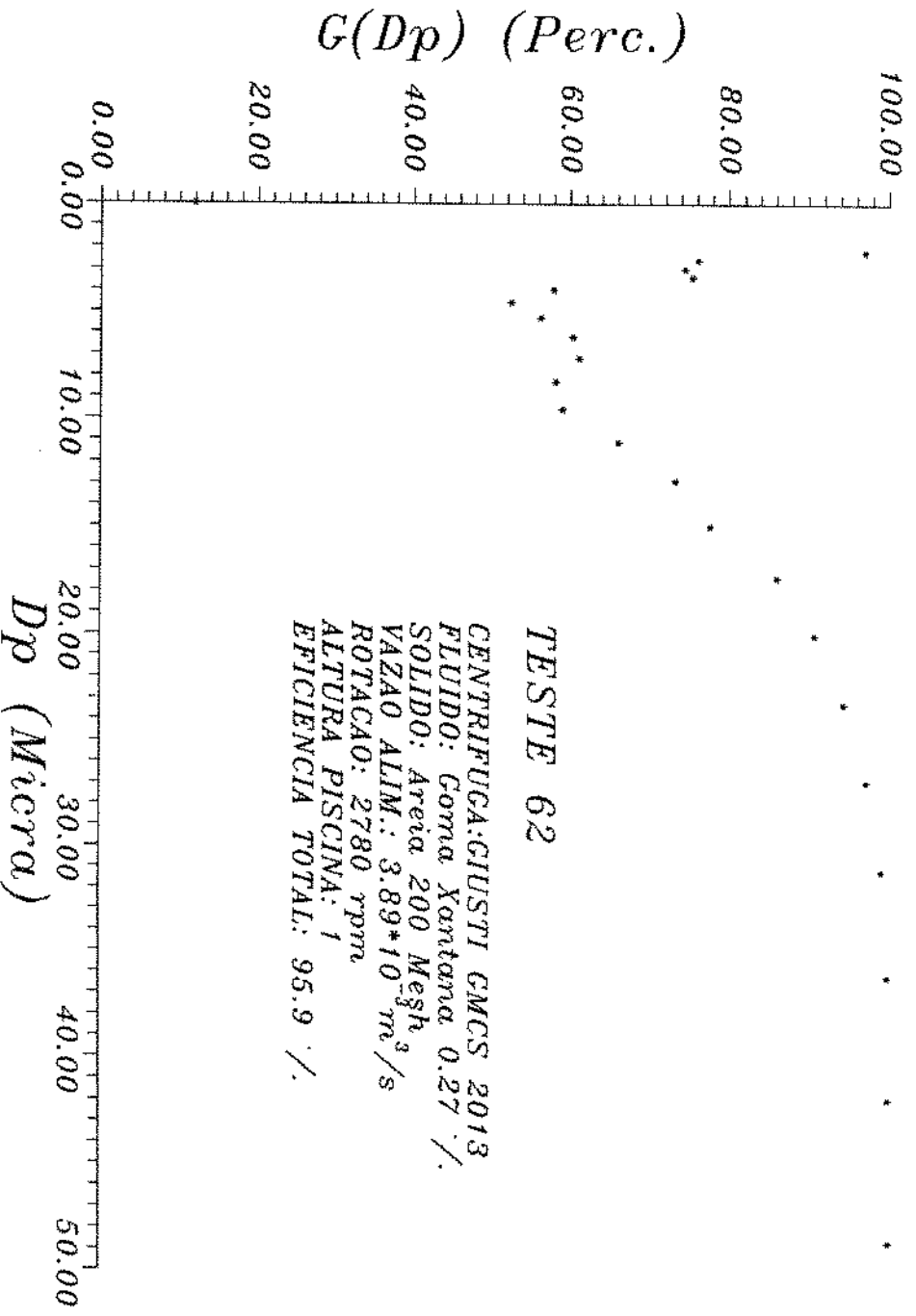
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



## TESTE 61

CENTRIFUGA: GIUSTI CMCS 2013  
FLUIDO: Coma Xantana 0.27 %  
SOLIDO: Areia 200 Mesh  
VAZAO ALIM.:  $1.95 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2780 rpm  
ALTURA PISCINA: 1  
EFICIENCIA TOTAL: 96.8 %

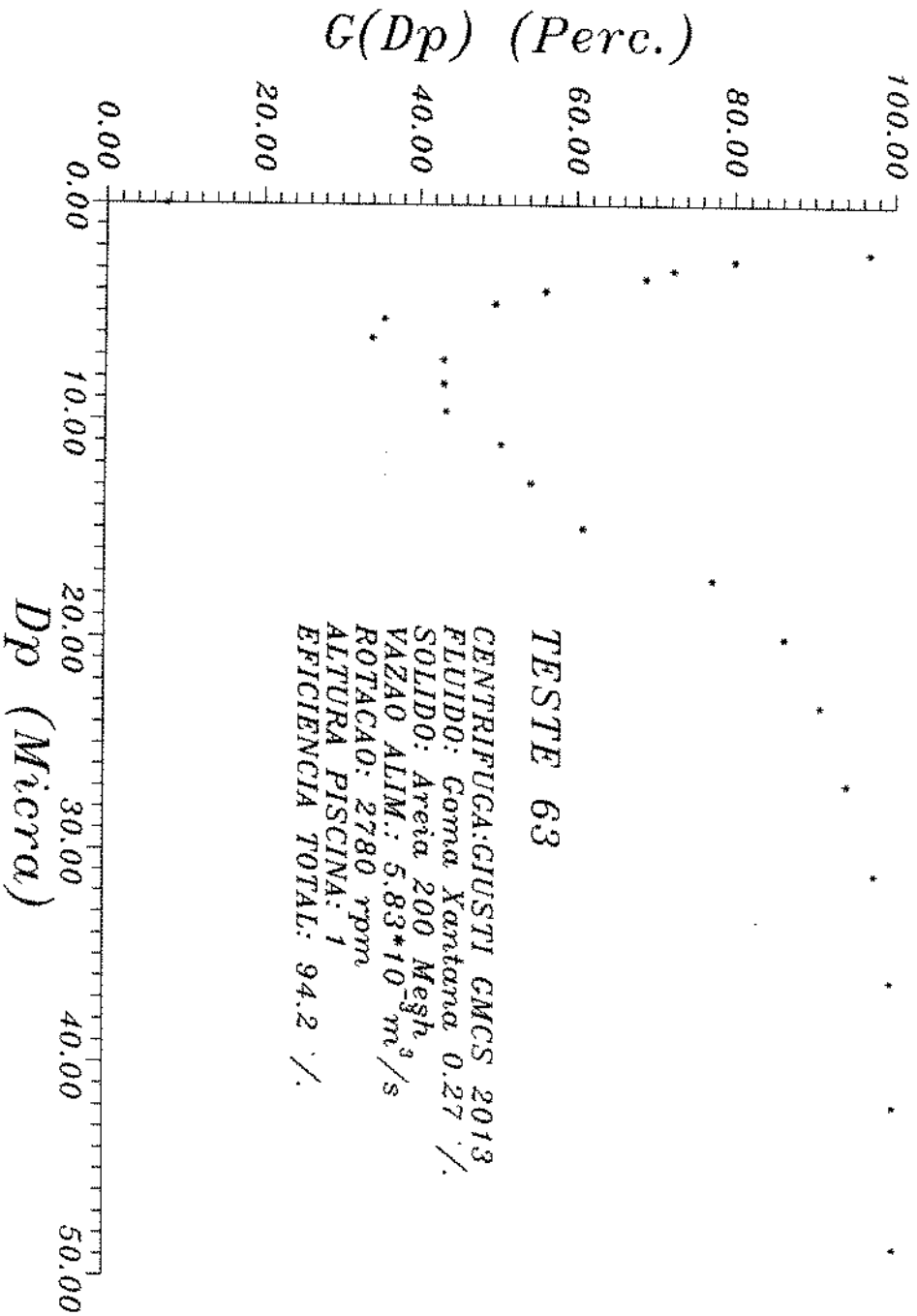
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



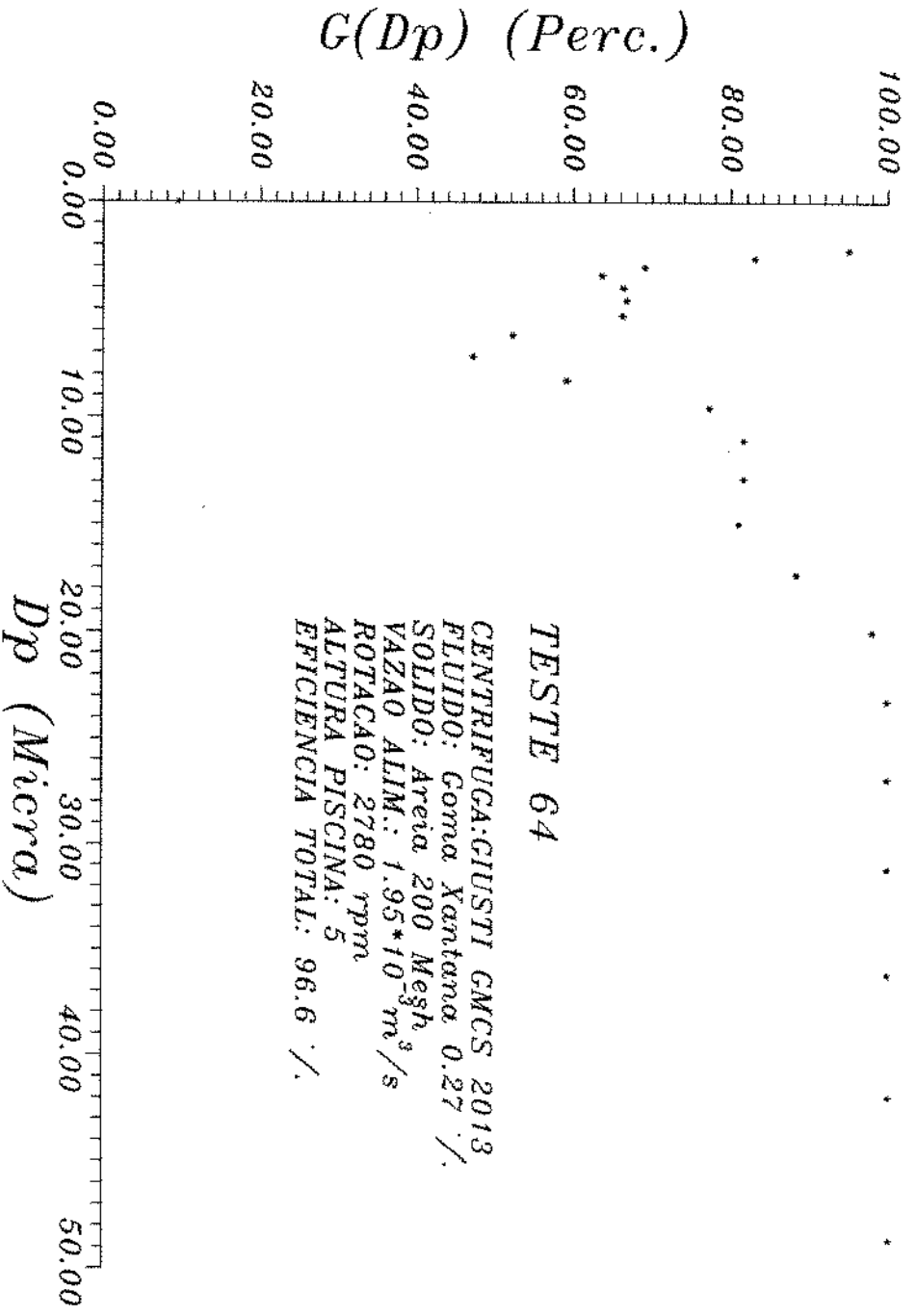
## TESTE 62

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Coma Xantana 0.27 %/  
SOLIDO: Areia 200 Mesh  
VAZAO ALIM.:  $3.89 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2780 rpm  
ALTURA PISCINA: 1  
EFICIENCIA TOTAL: 95.9 %

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



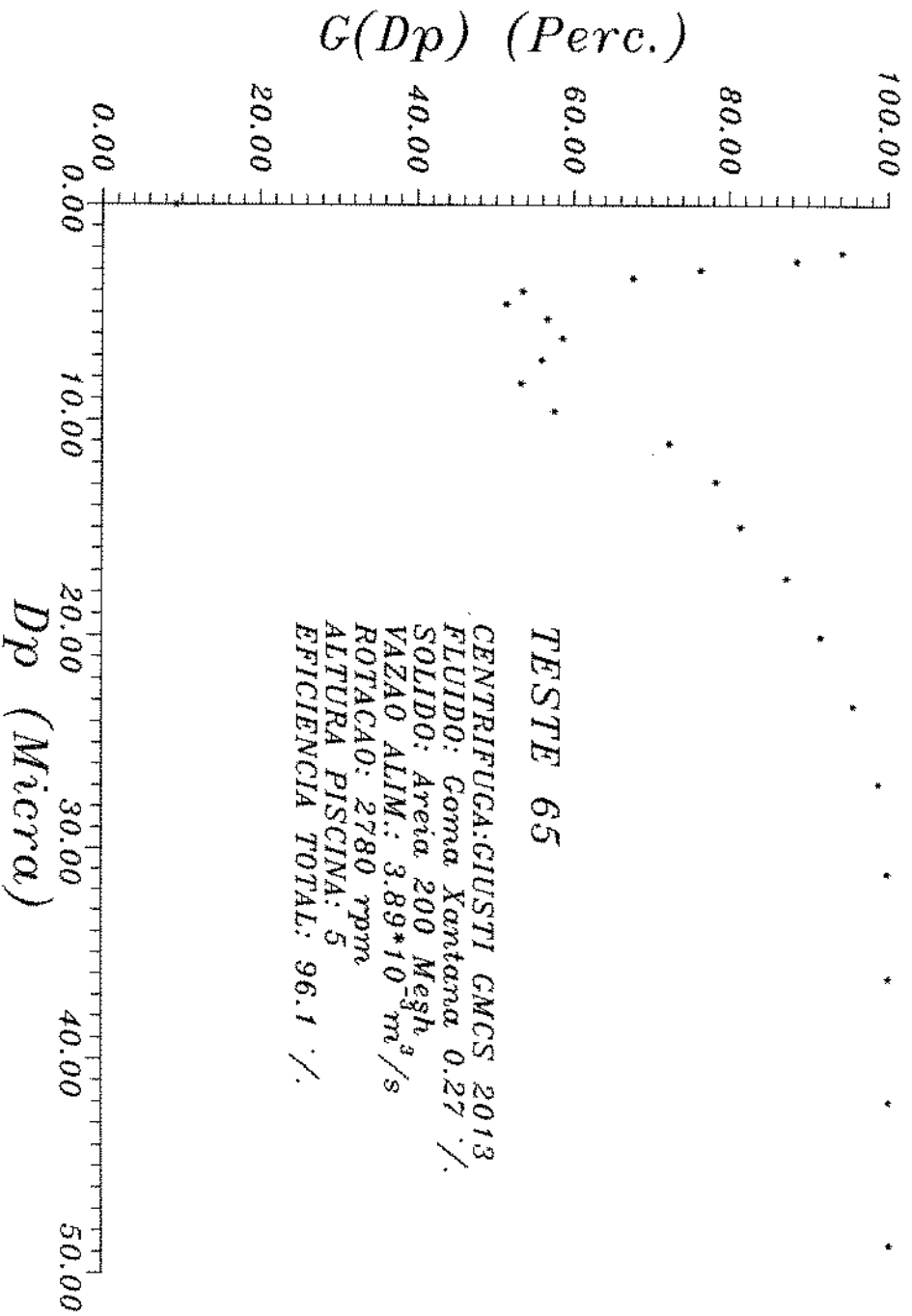
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



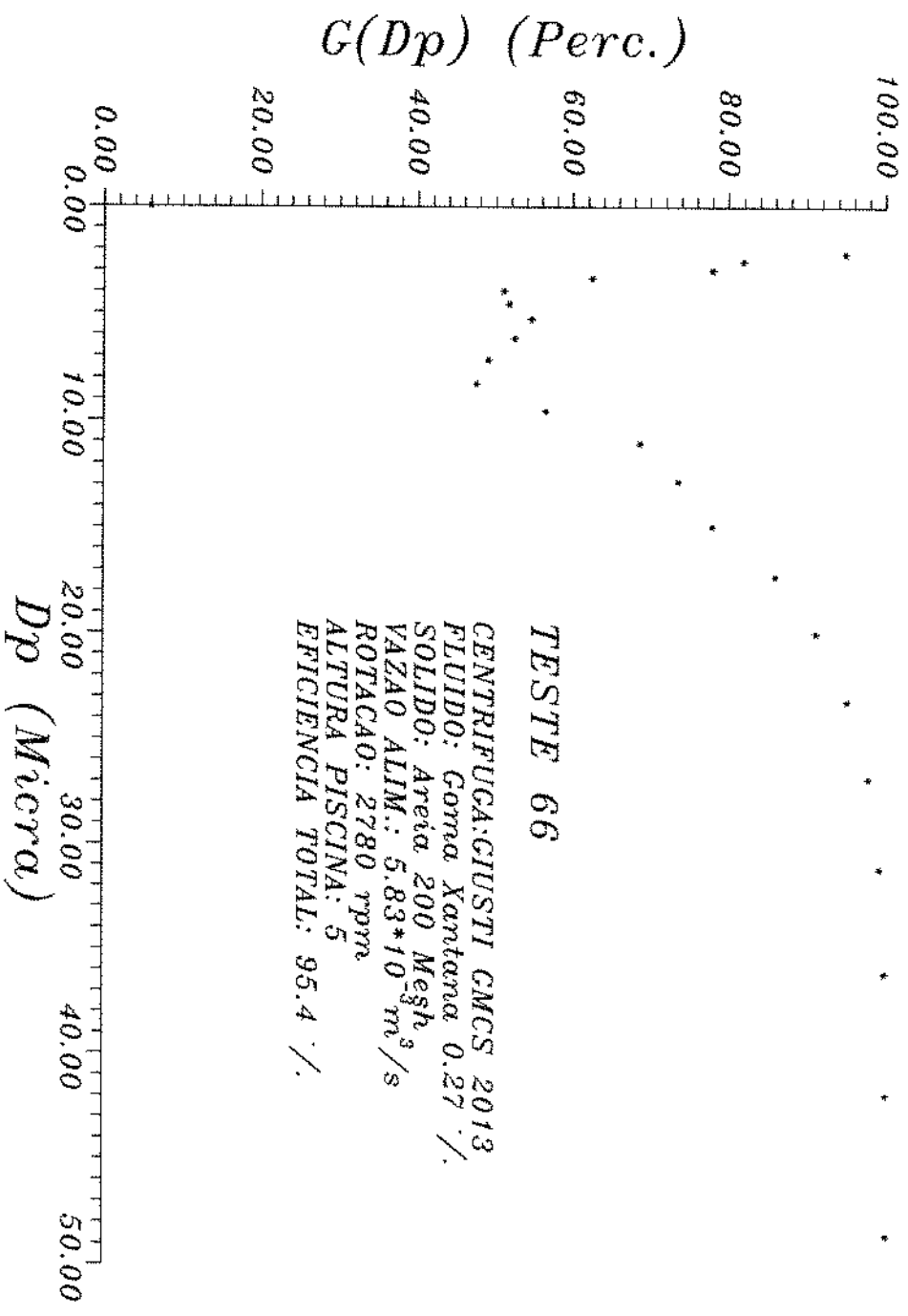
## TESTE 64

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
 FLUIDO: Goma Xantana 0.27 %/  
 SOLIDO: Areia 200 Mesh  
 VAZAO ALIM.:  $1.95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 ROTACAO: 2780 rpm  
 ALTURA PISCINA: 5  
 EFICIENCIA TOTAL: 96.6 %/

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

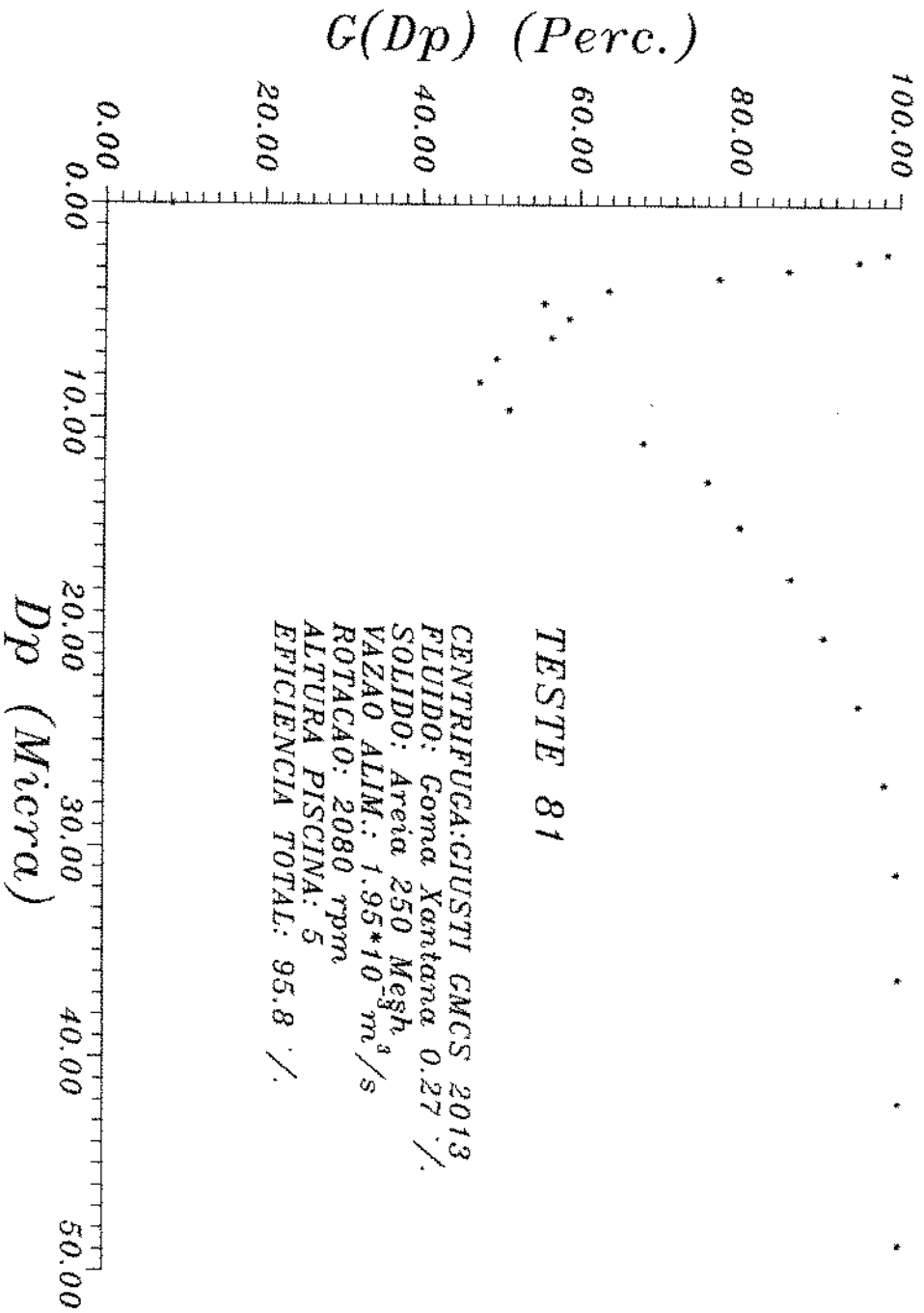


# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

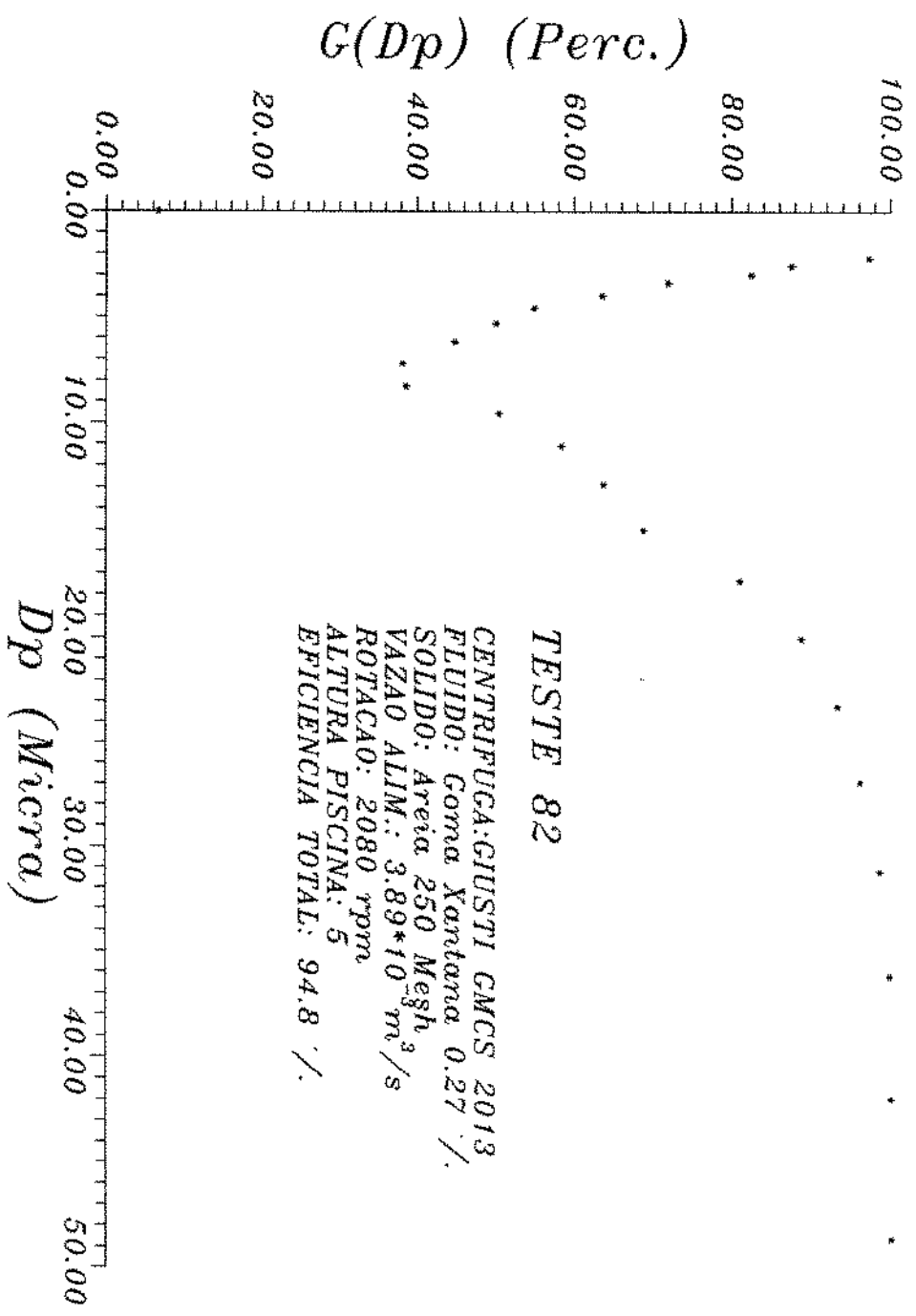


TESTE 66  
CENTRIFUGA: GIUSTI CMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.27 %  
SOLIDO: Areia 200 Mesh  
VAZAO ALIM.:  $5.83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2780 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 95.4 %

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

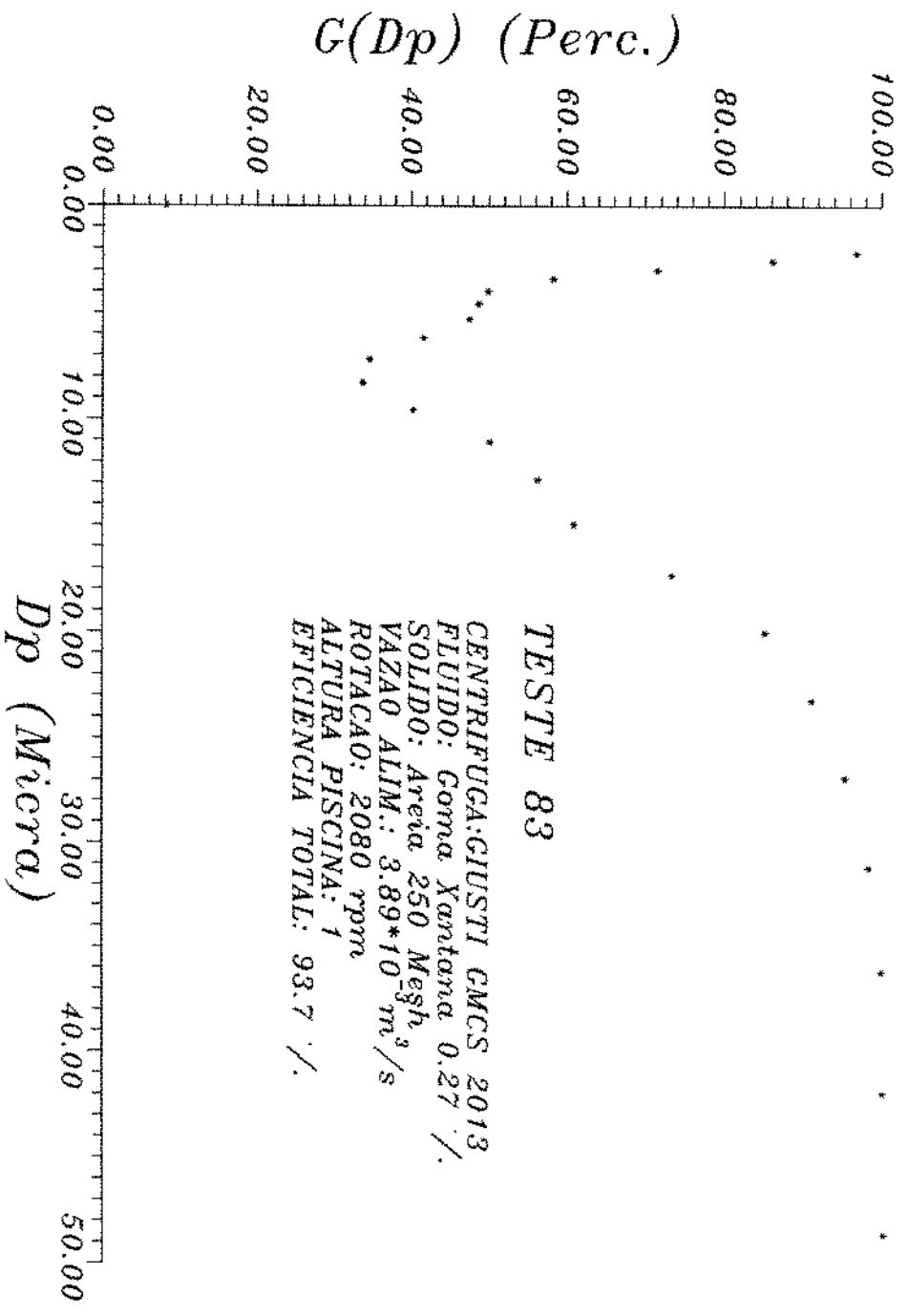


## TESTE 82

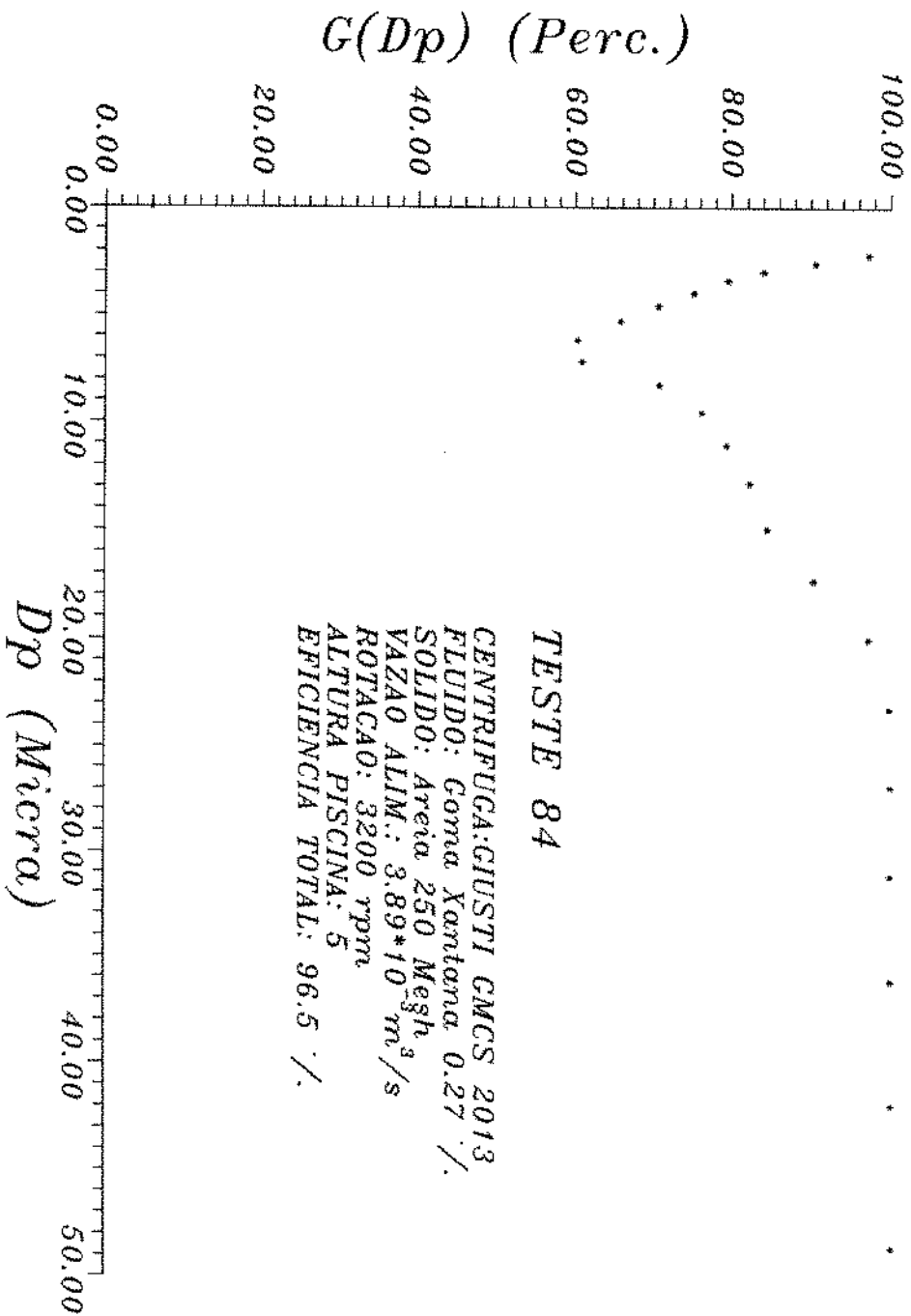
CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.27 %/  
SOLIDO: Areia 250 Mesh  
VAZAO ALIM.: 3.89 \* 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 94.8 %



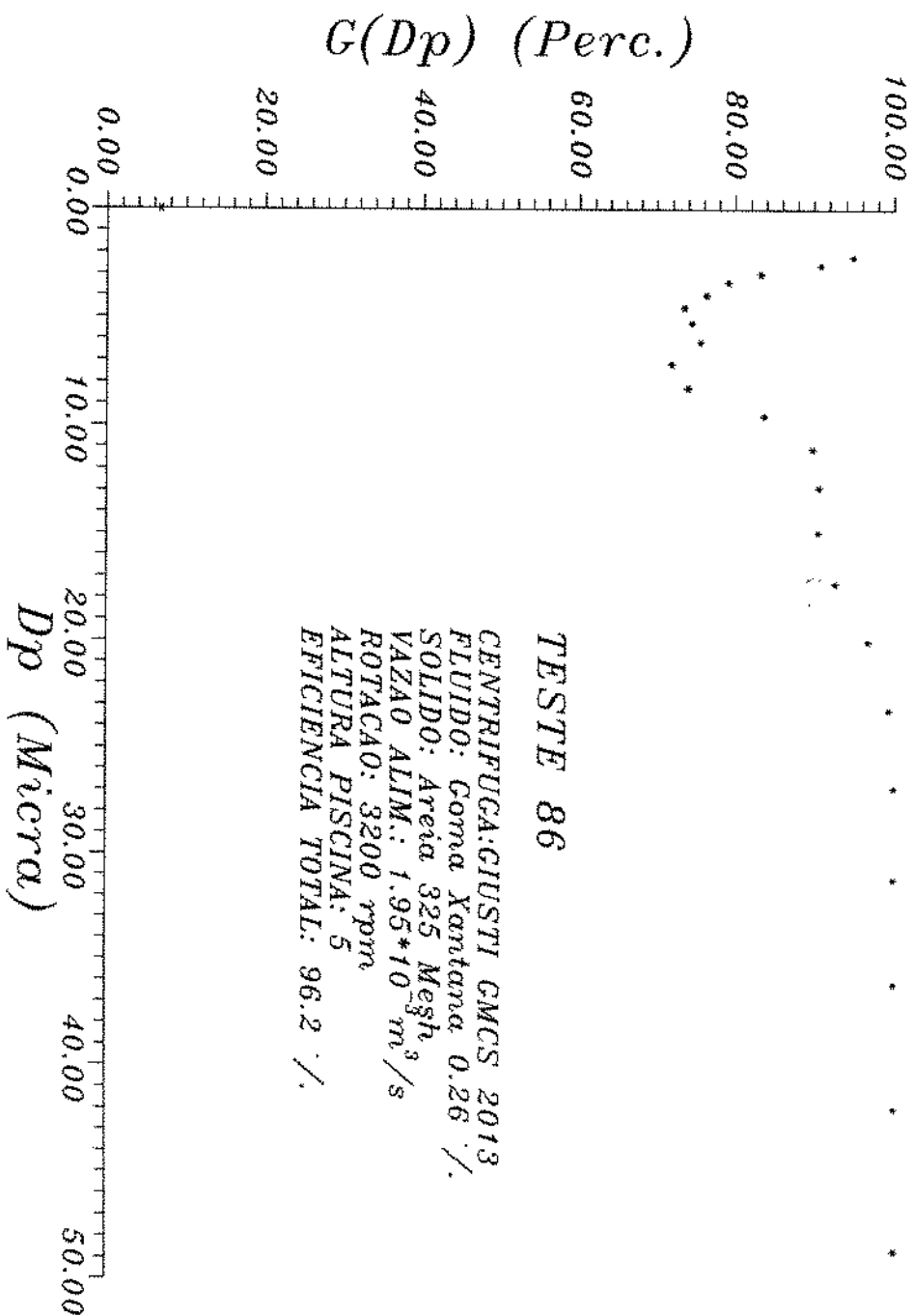
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



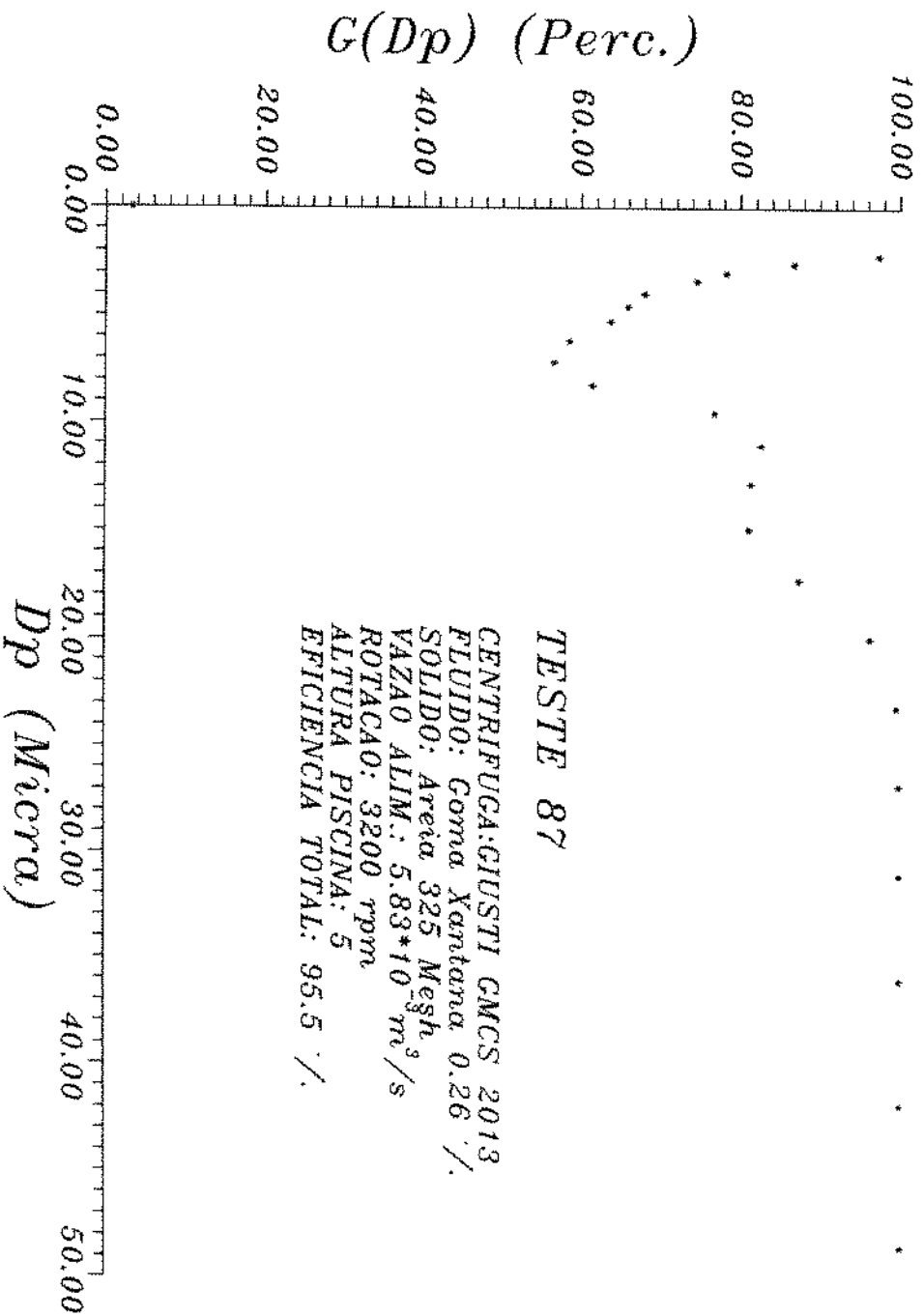
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



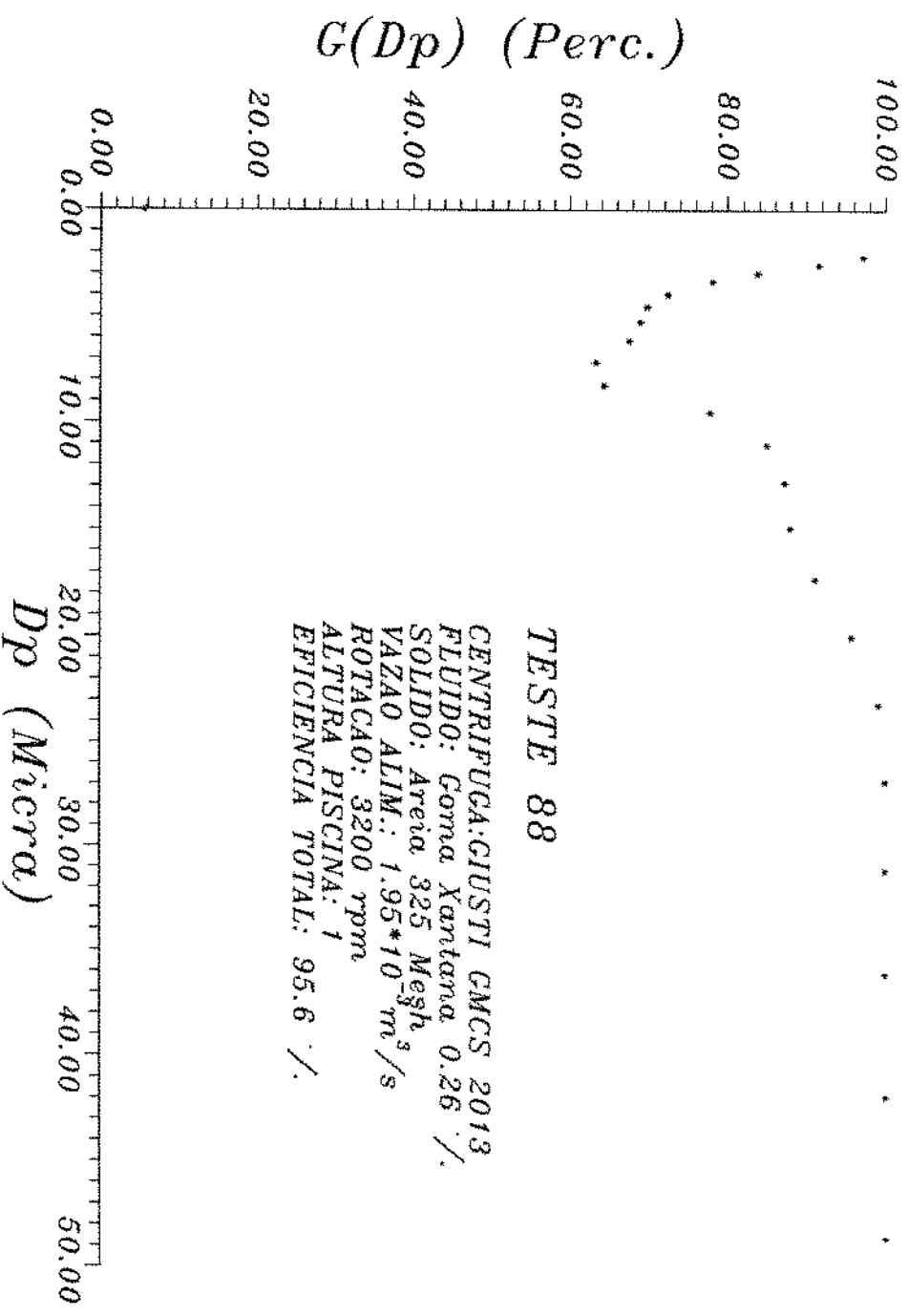
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



## TESTE 87

CENTRIFUGA: GIUSTI CMCS 2013  
FLUIDO: Coma Xantana 0.26 %/  
SOLIDO: Areia 325 Mesh<sup>9</sup>/  
VAZAO ALIM.:  $5.83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 3200 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 95.5 %

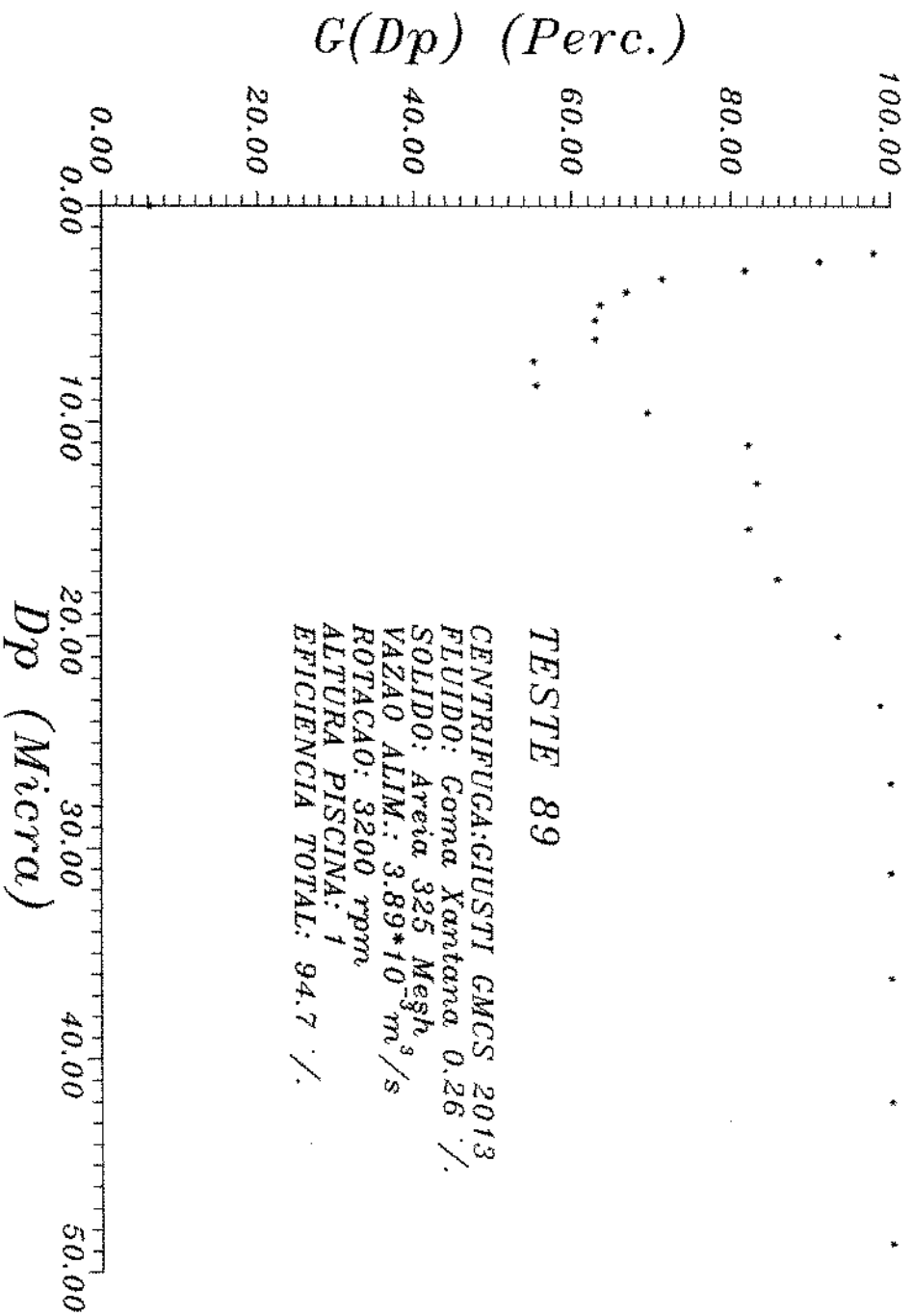
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



TESTE 88

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %/  
SOLIDO: Areia 325 Mesh<sup>s</sup>/  
VAZAO ALIM.: 1.95 \* 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/s  
ROTACAO: 3200 rpm  
ALTURA PISCINA: 1  
EFICIENCIA TOTAL: 95.6 %/

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

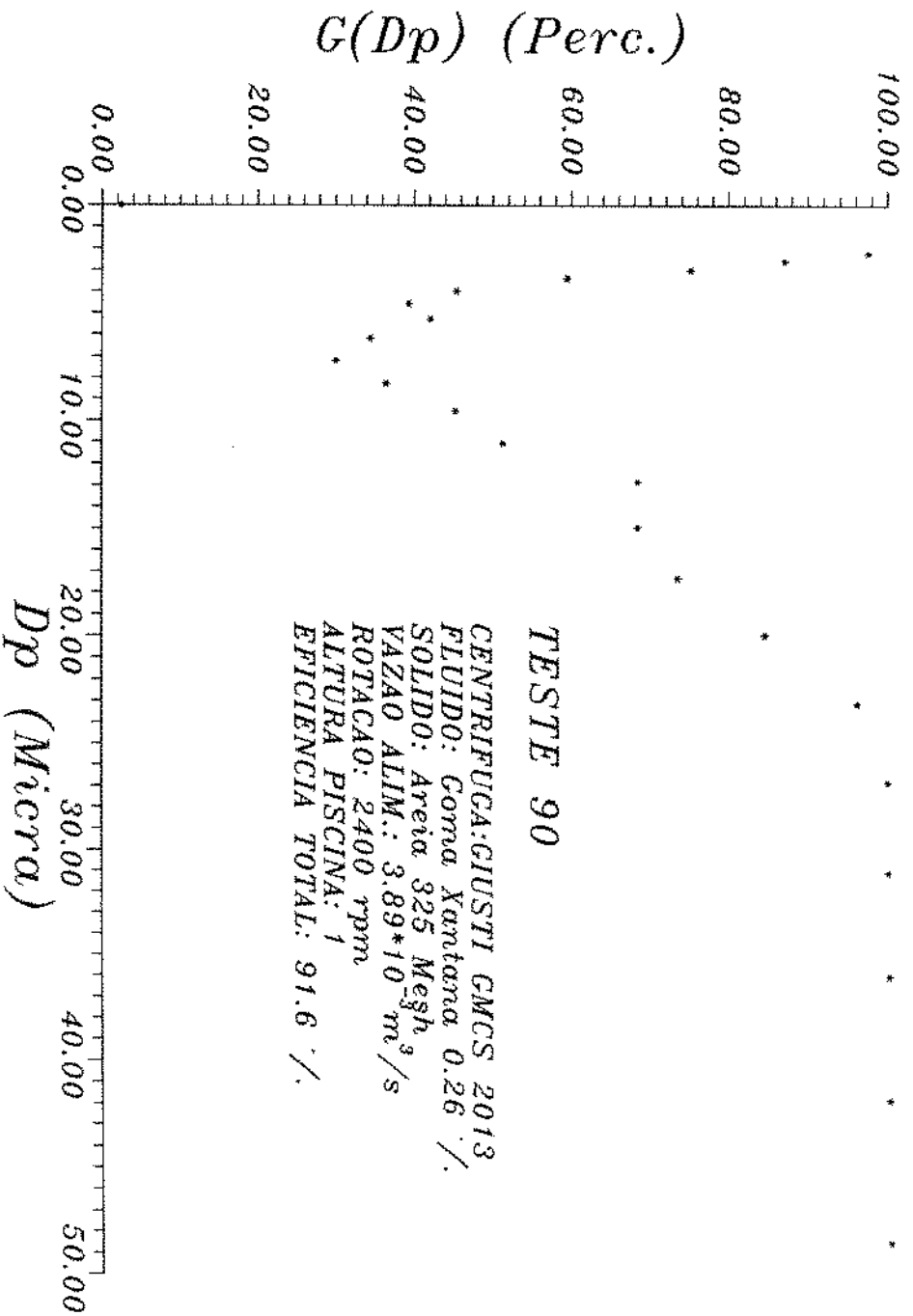


TESTE 89

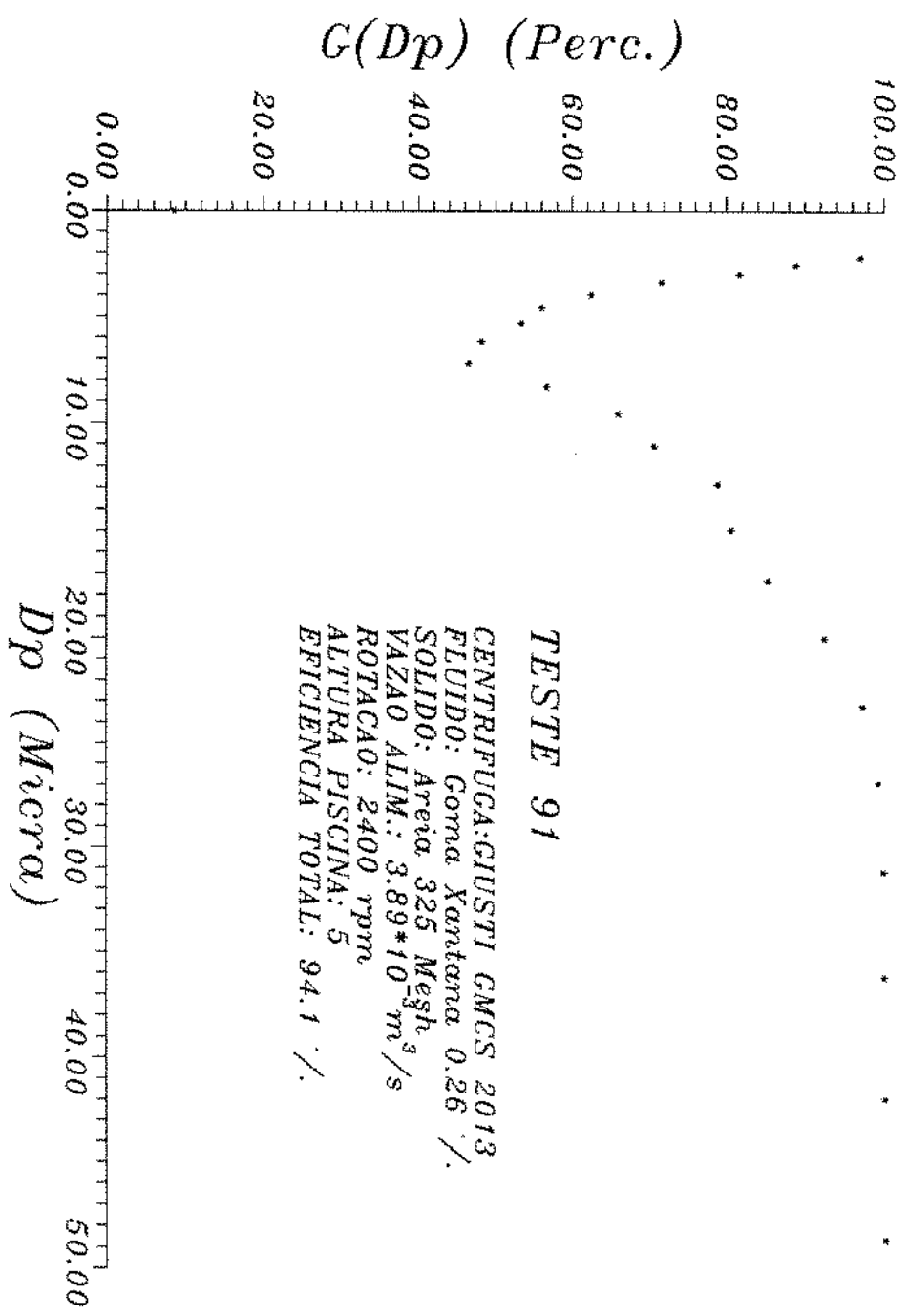
CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
 FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %/  
 SOLIDO: Areia 325 Mesh<sup>3</sup>/s  
 VAZAO ALIM.: 3.89 \* 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 ROTACAO: 3200 rpm  
 ALTURA PISCINA: 1  
 EFICIENCIA TOTAL: 94.7 %/.

Dp (Micra)

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

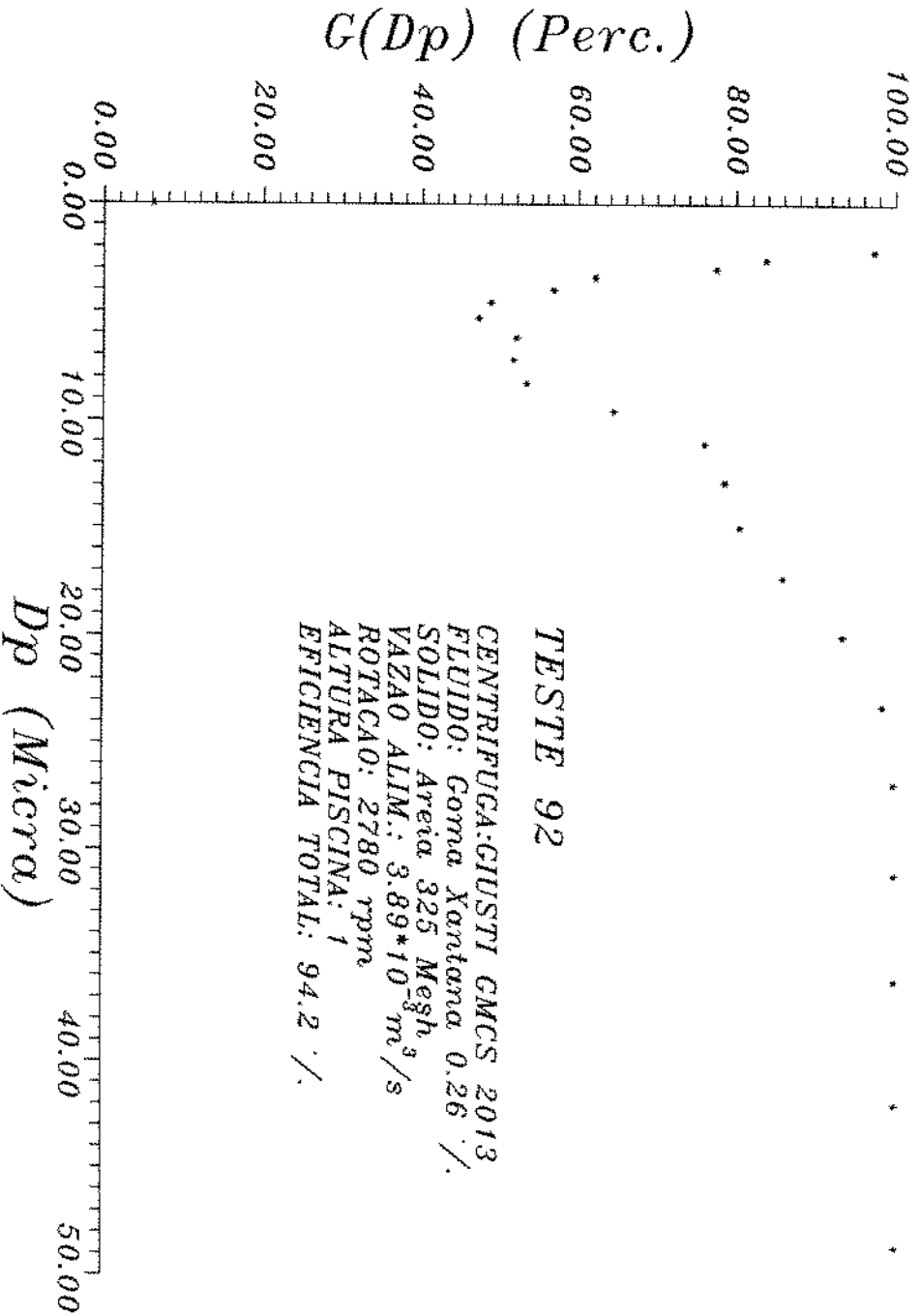


## TESTE 91

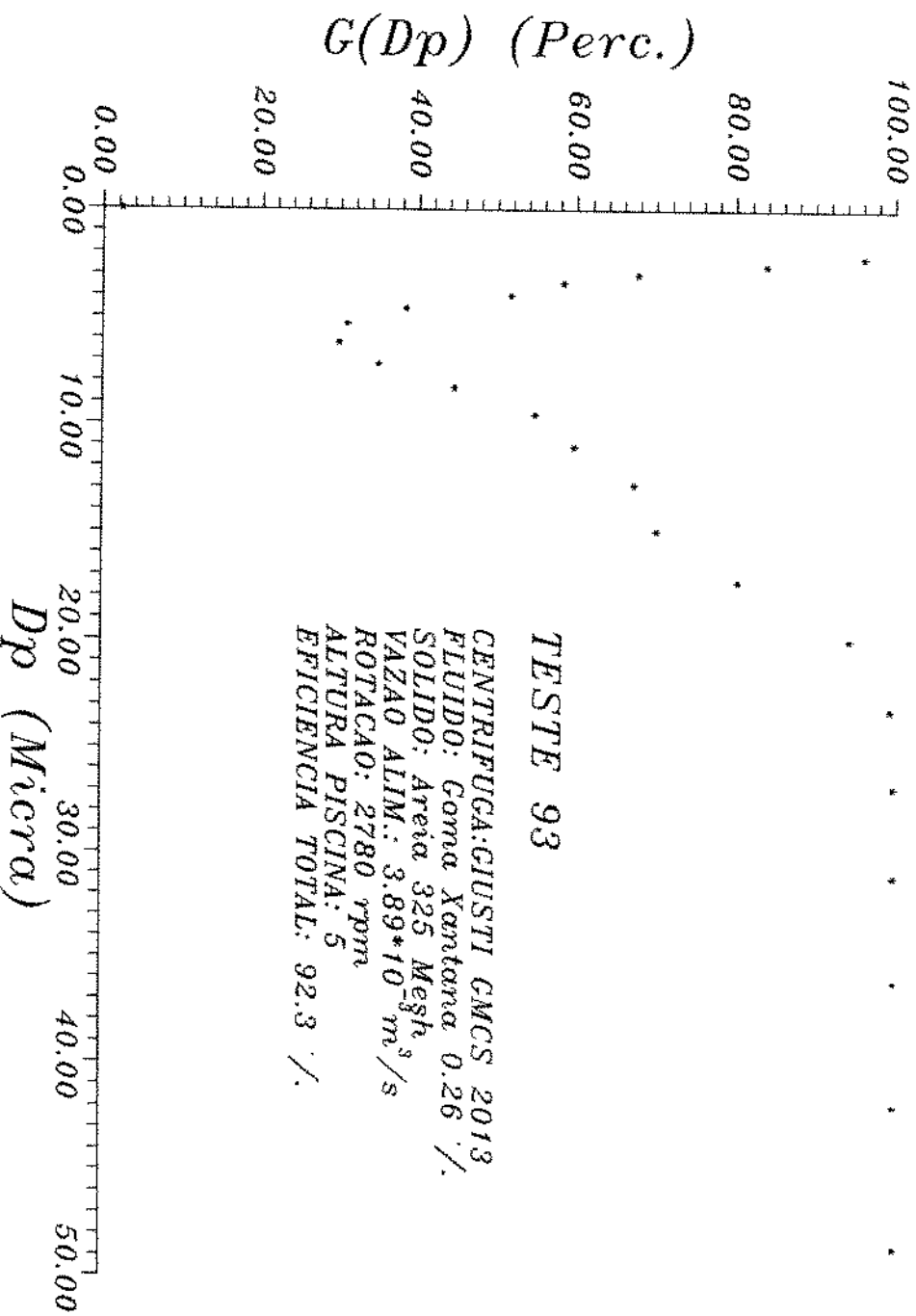
CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
 FLUIDO: Goma Kamitama 0.26 %/  
 SOLIDO: Areia 325 Mesh<sub>9</sub>/  
 VAZAO ALIM.: 3.89\*10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 ROTACAO: 2400 rpm  
 ALTURA PISCINA: 5  
 EFICIENCIA TOTAL: 94.1 %



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



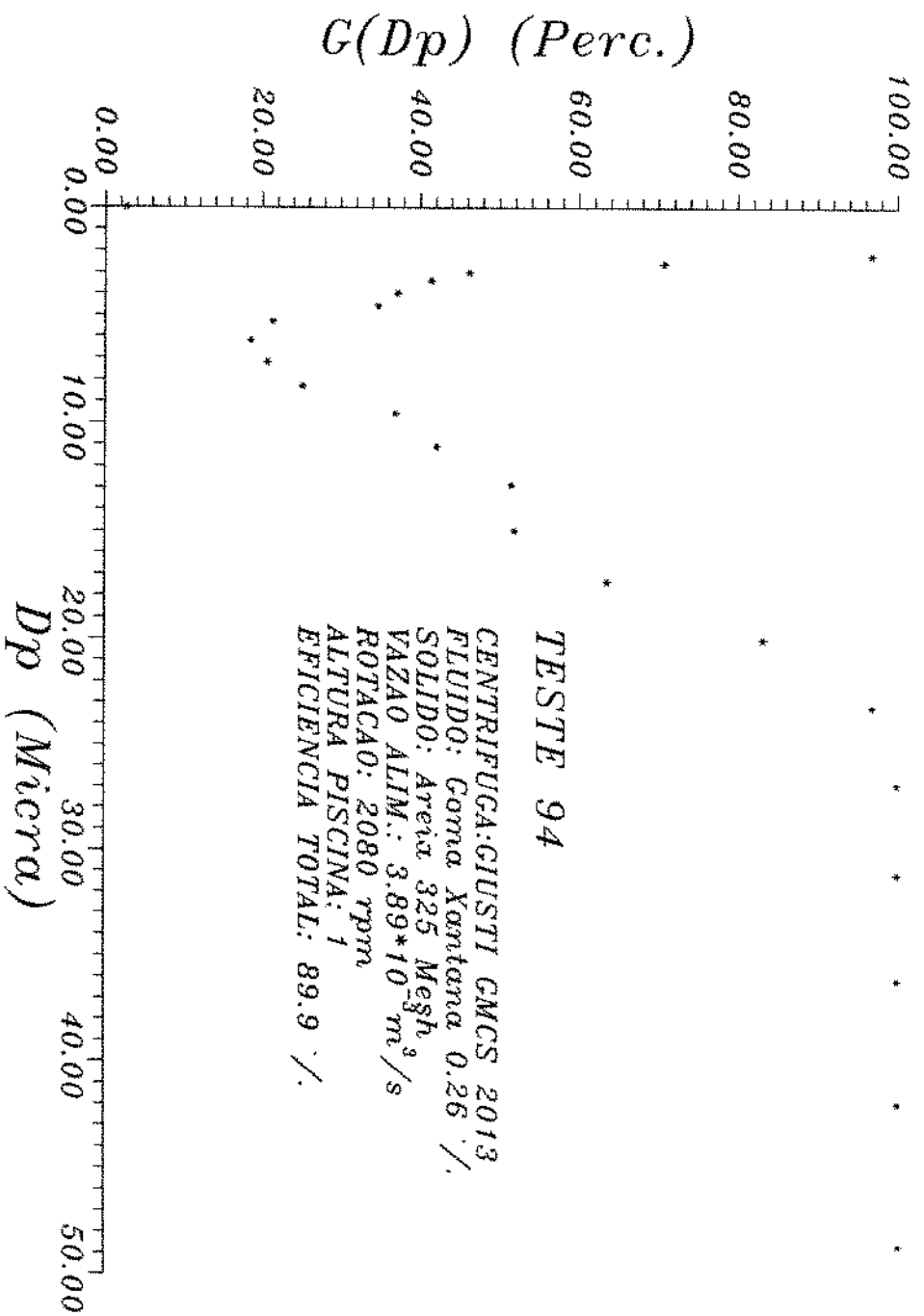
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



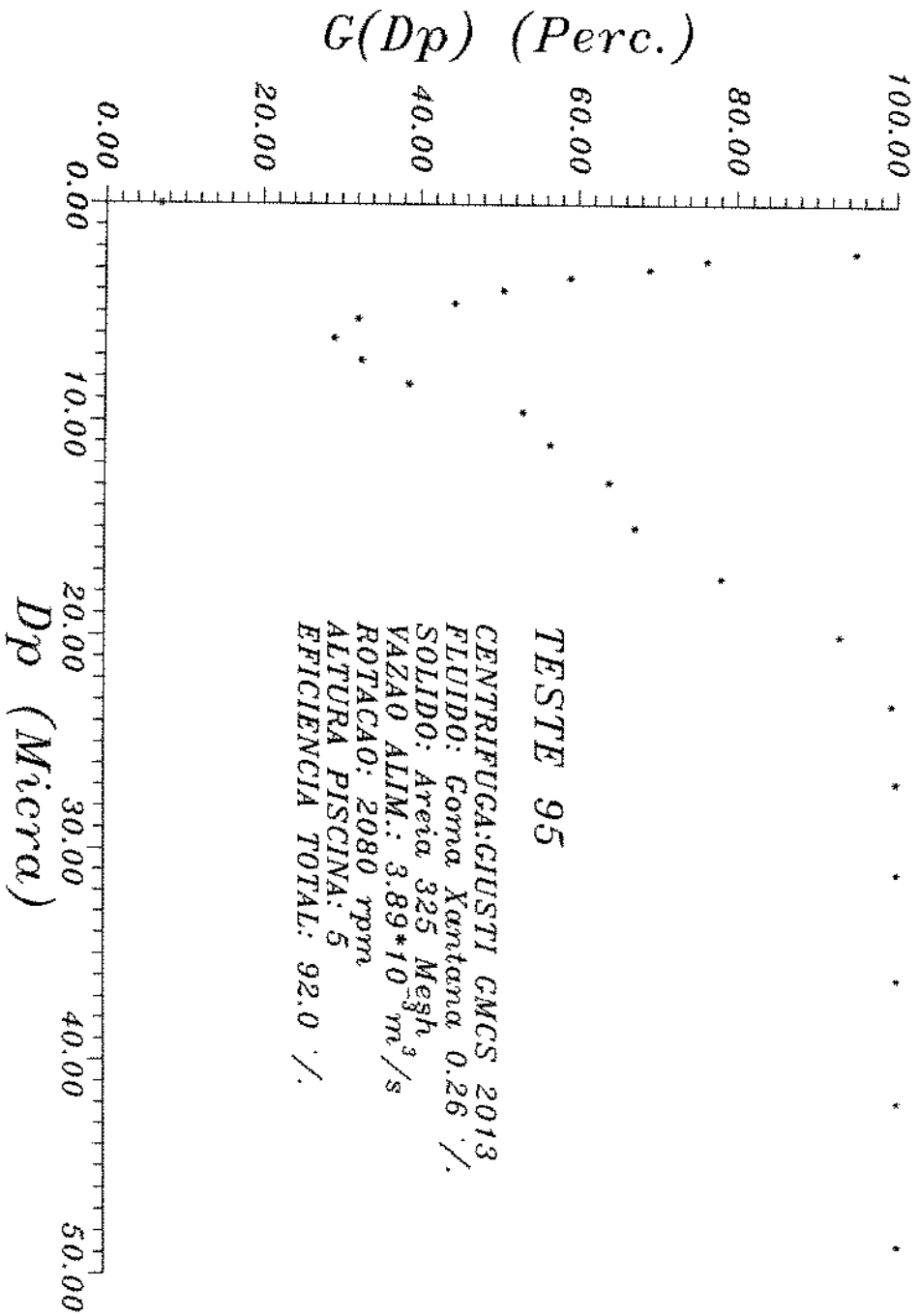
## TESTE 93

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
 FLUIDO: Coma Xantana 0.26 %/  
 SOLIDO: Areia 325 Mesh  
 VAZAO ALIM.:  $3.89 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 ROTACAO: 2780 rpm  
 ALTURA PISCINA: 5  
 EFICIENCIA TOTAL: 92.3 %

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



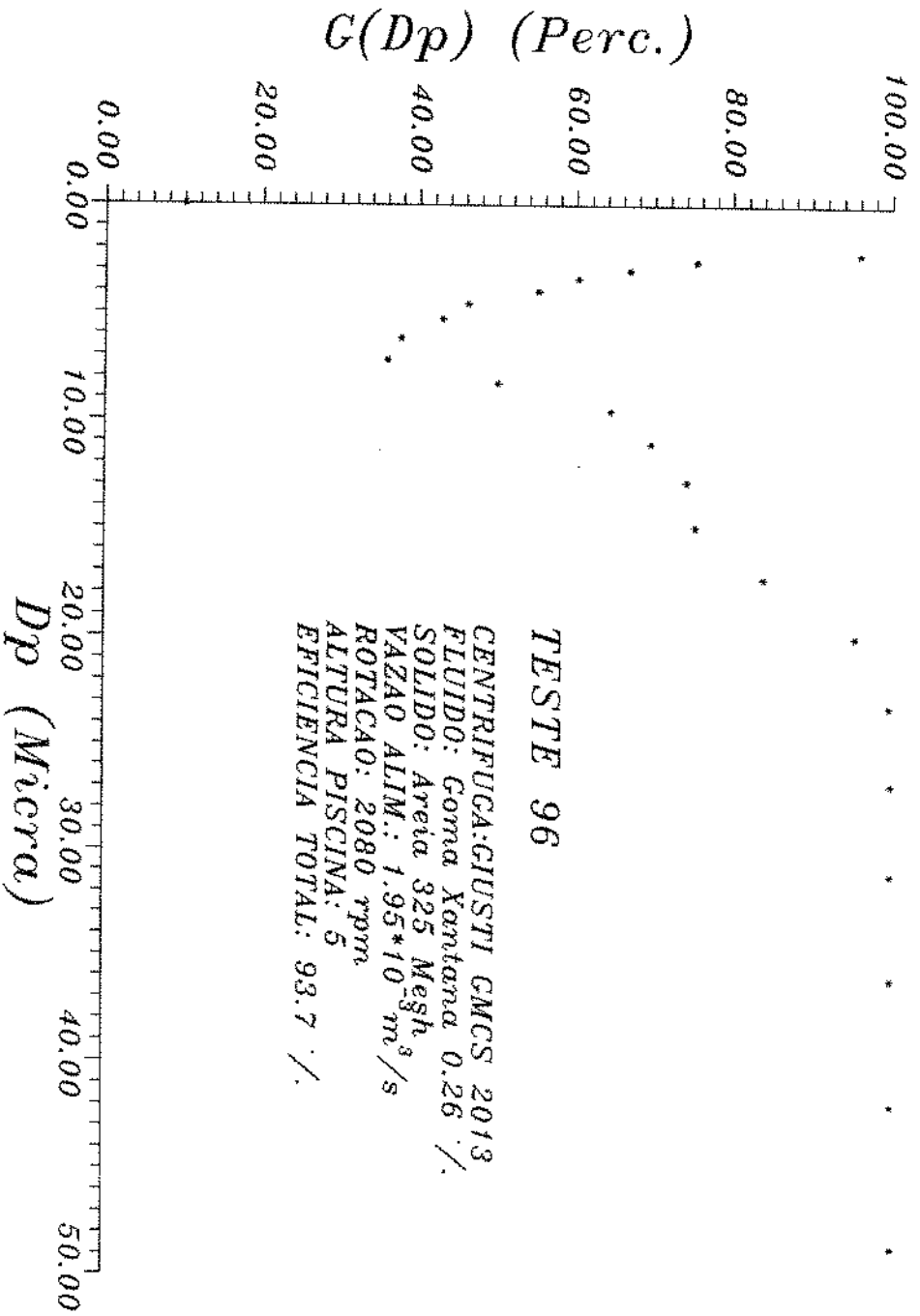
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



## TESTE 95

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Kantana 0.26 %  
SOLIDO: Areia 325 Mesh  
VAZAO ALIM.:  $3.89 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 92.0 %

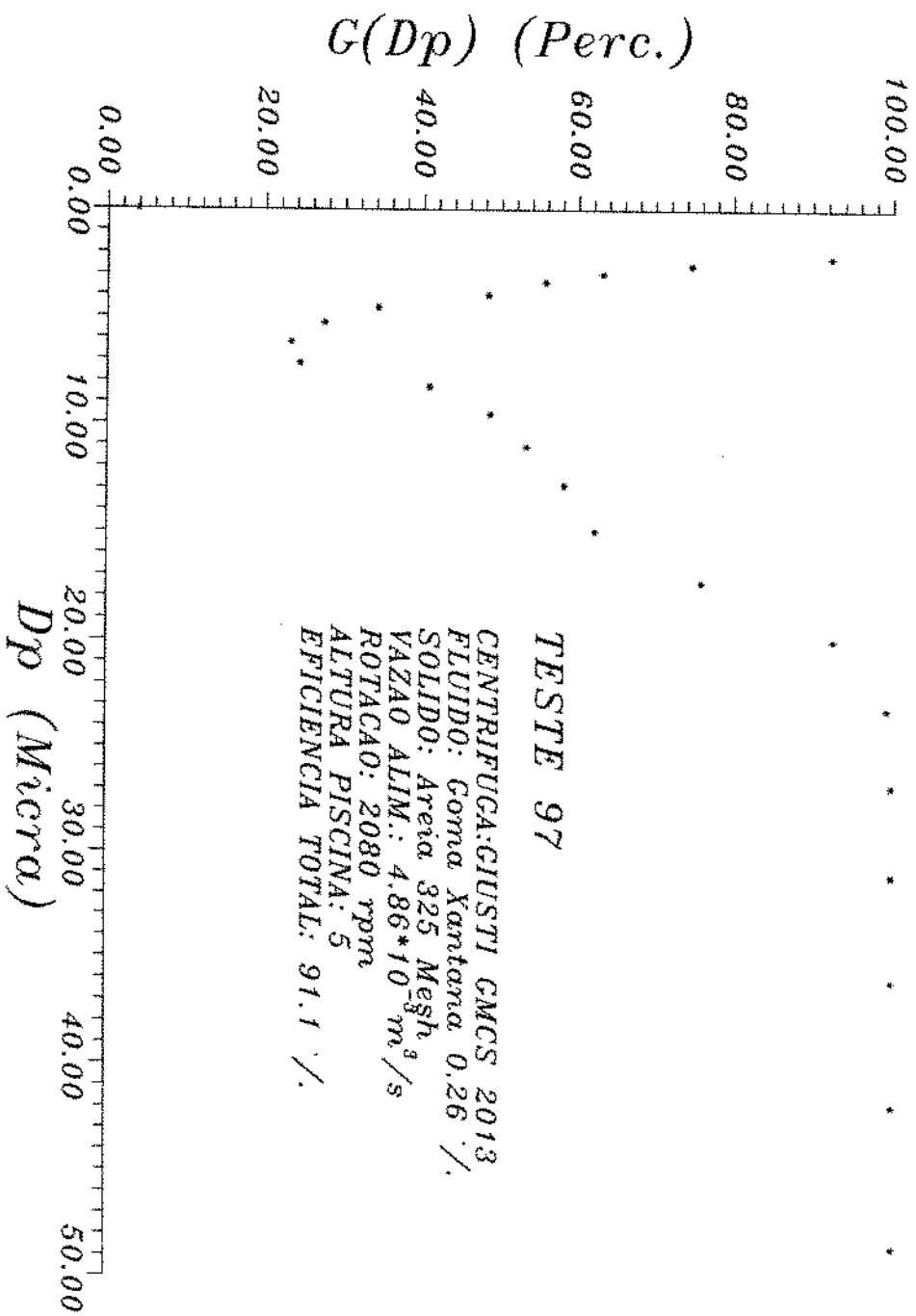
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



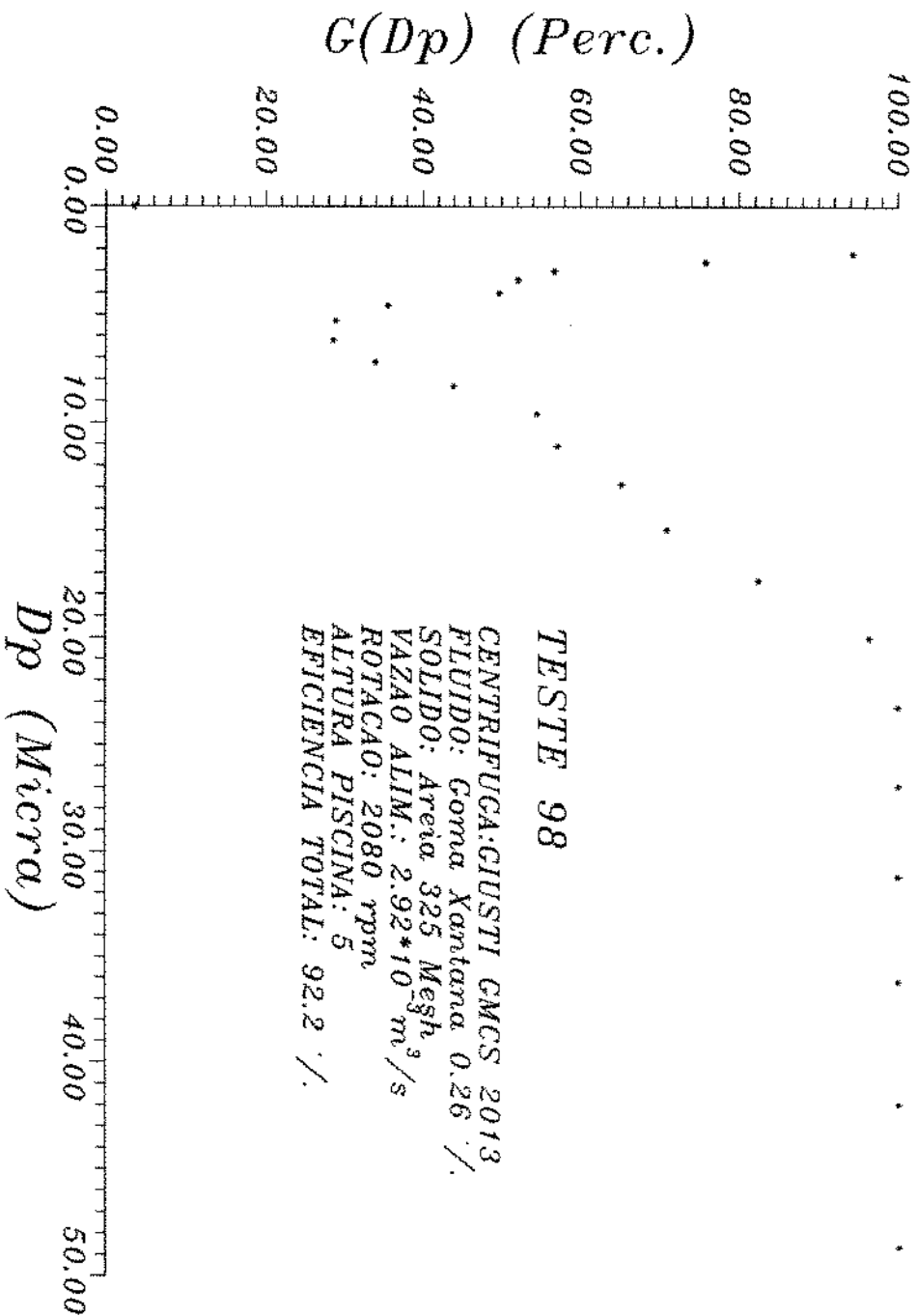
## TESTE 96

CENTRIFUGA: GIUSTI CMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %  
SOLIDO: Areia 325 Mesh  
VAZAO ALIM.:  $1.95 * 10^{-3} m^3/s$   
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 93.7 %

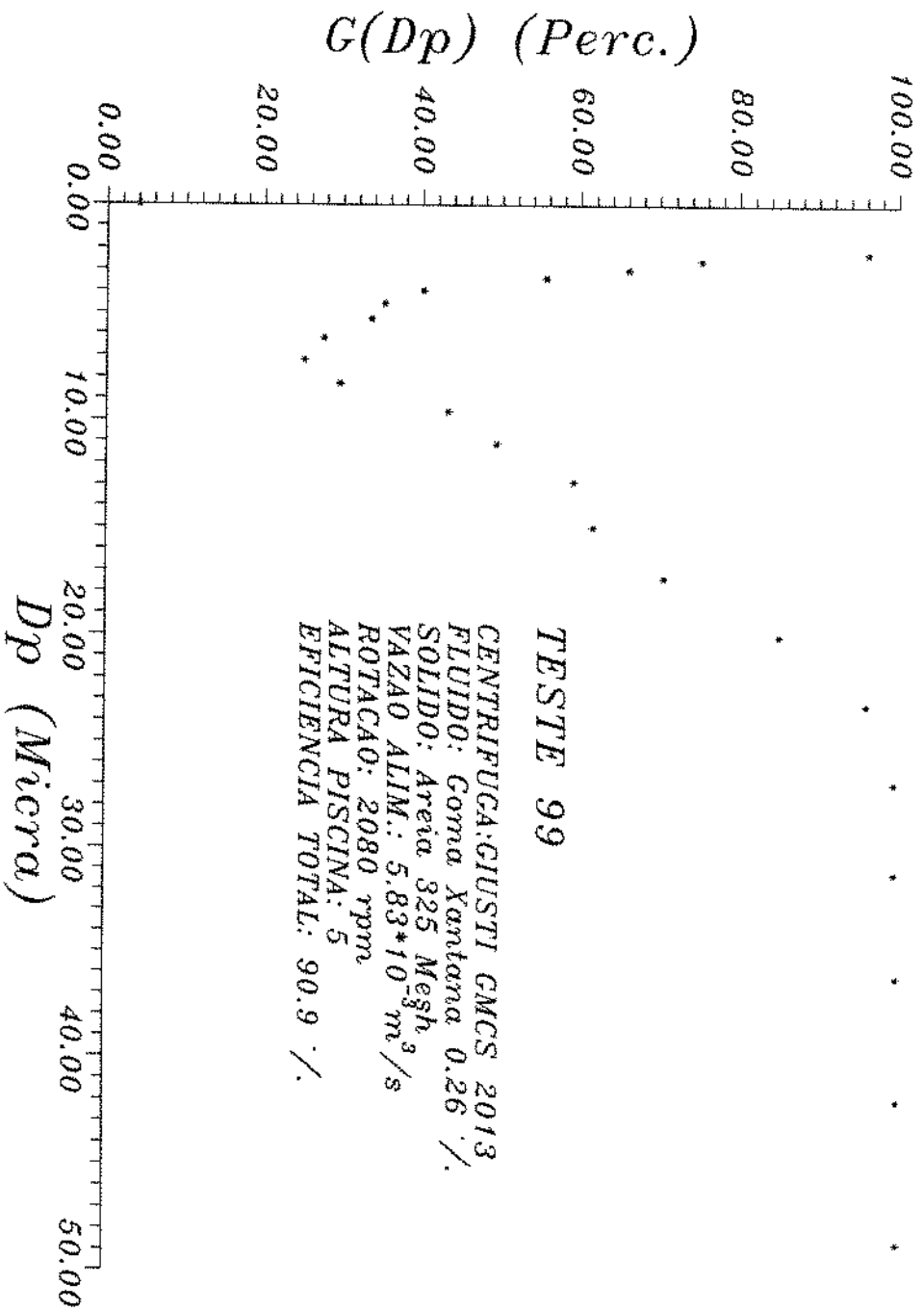
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

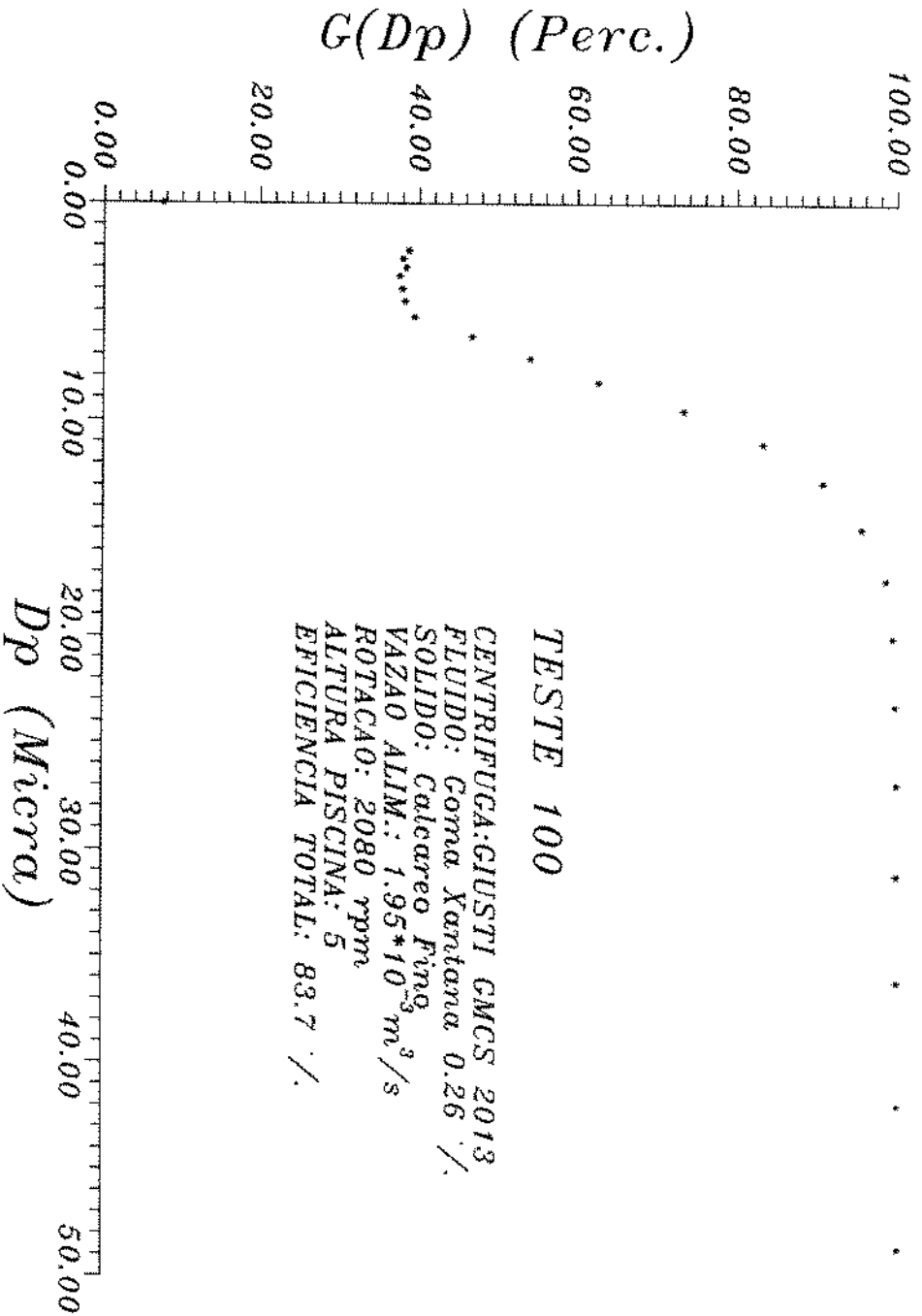


# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

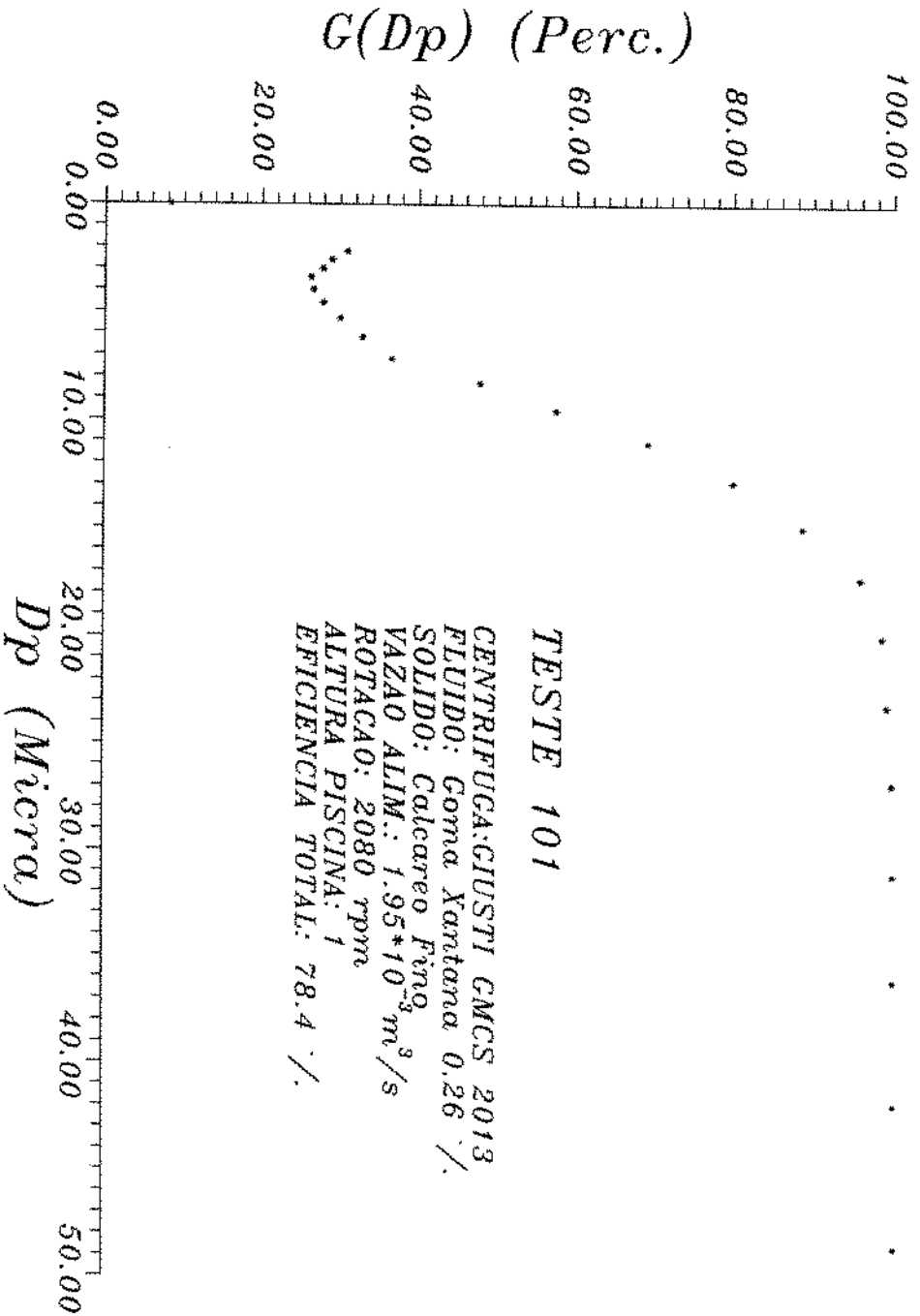




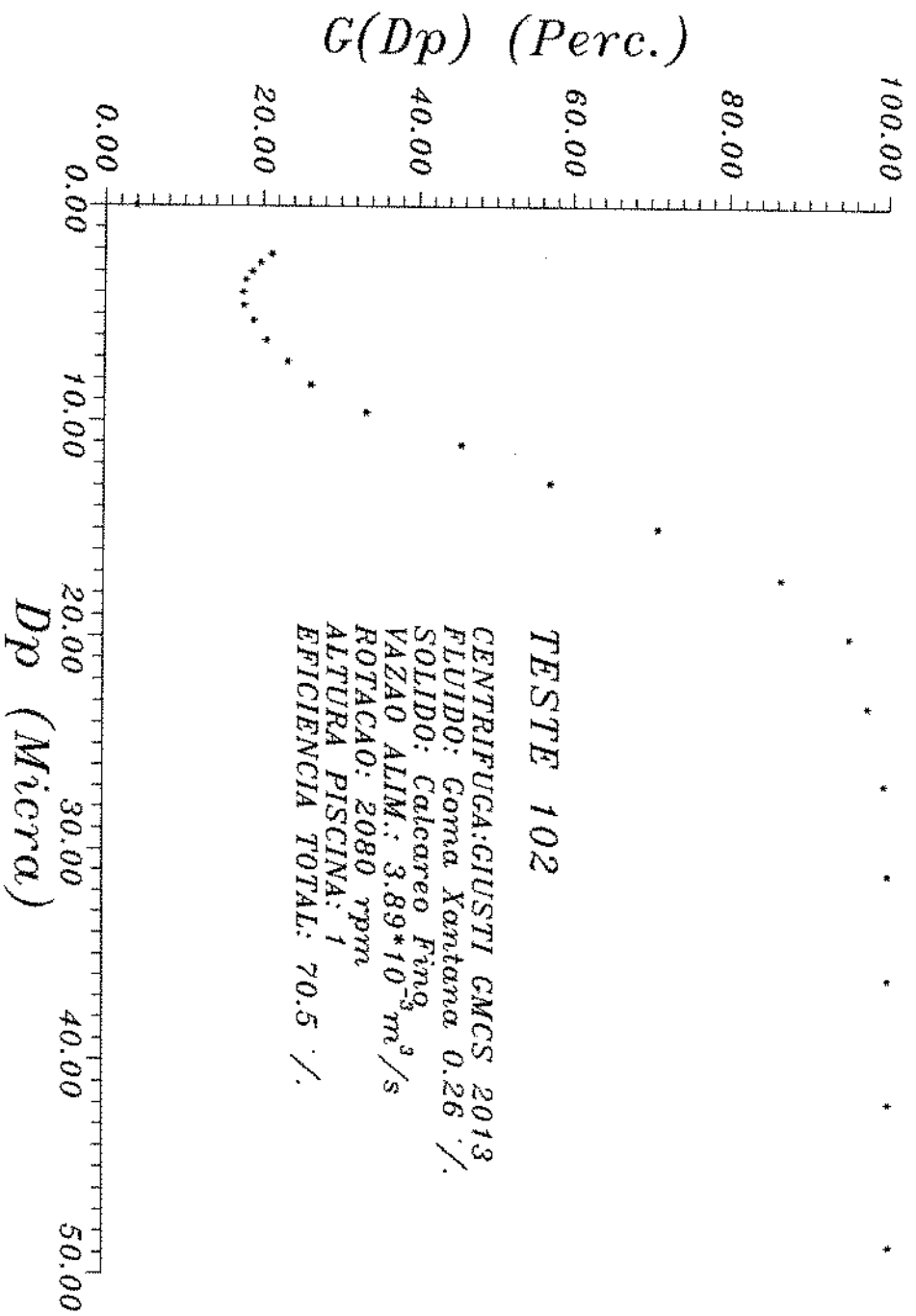
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



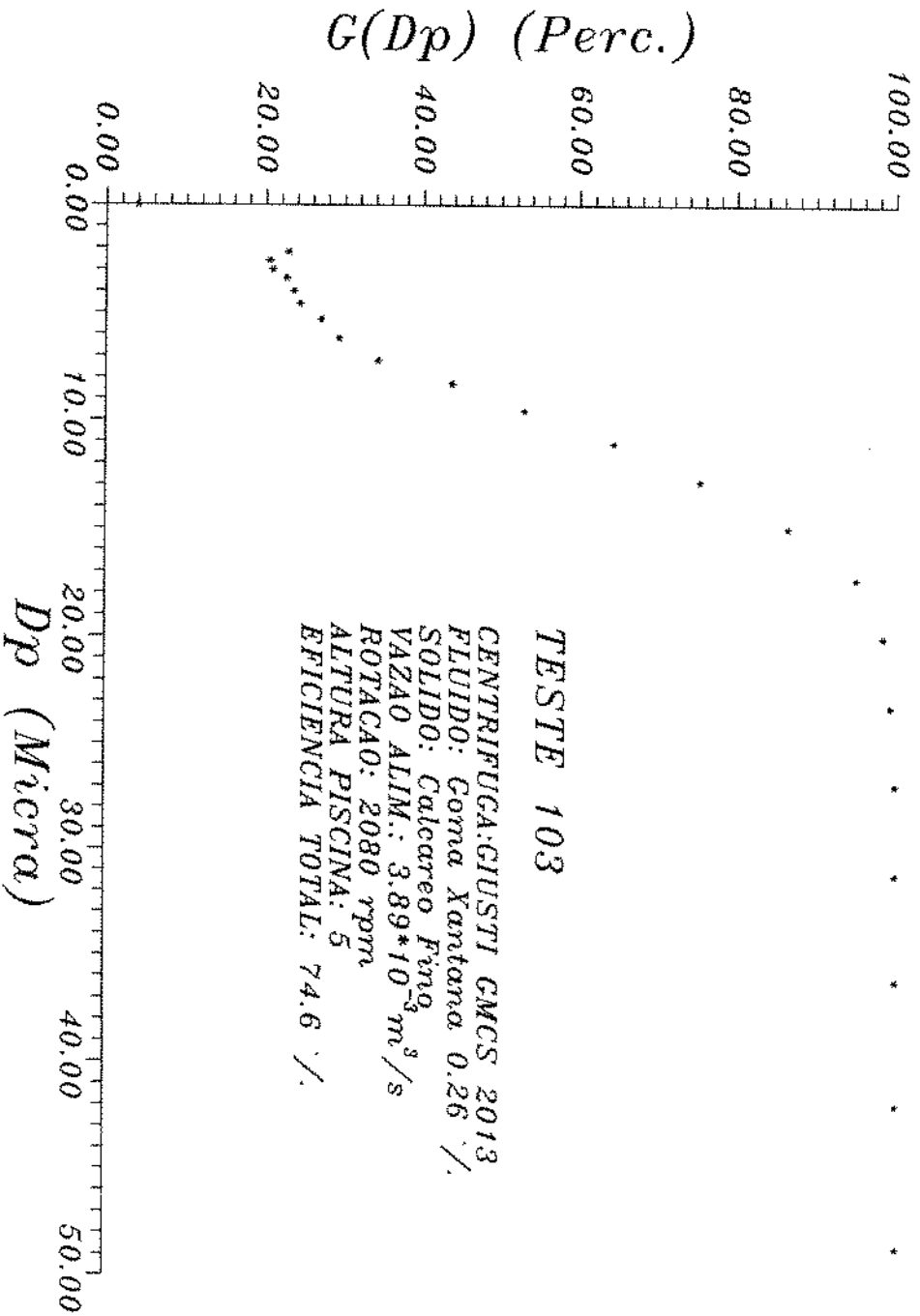
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



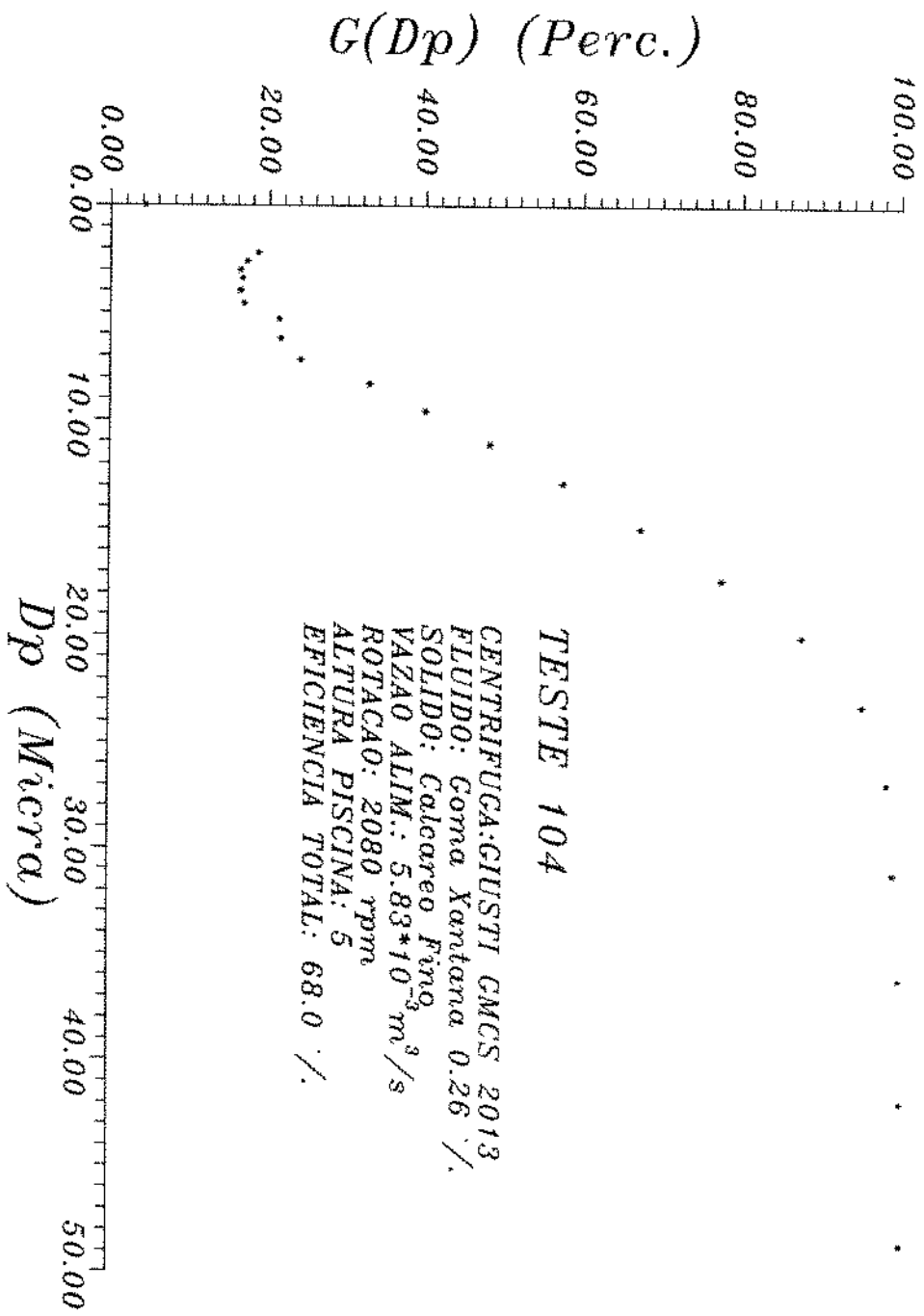
TESTE 102

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %/  
SOLIDO: Calcareo Fino  
VAZAO ALIM.:  $3.89 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 1  
EFICIENCIA TOTAL: 70.5 %

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



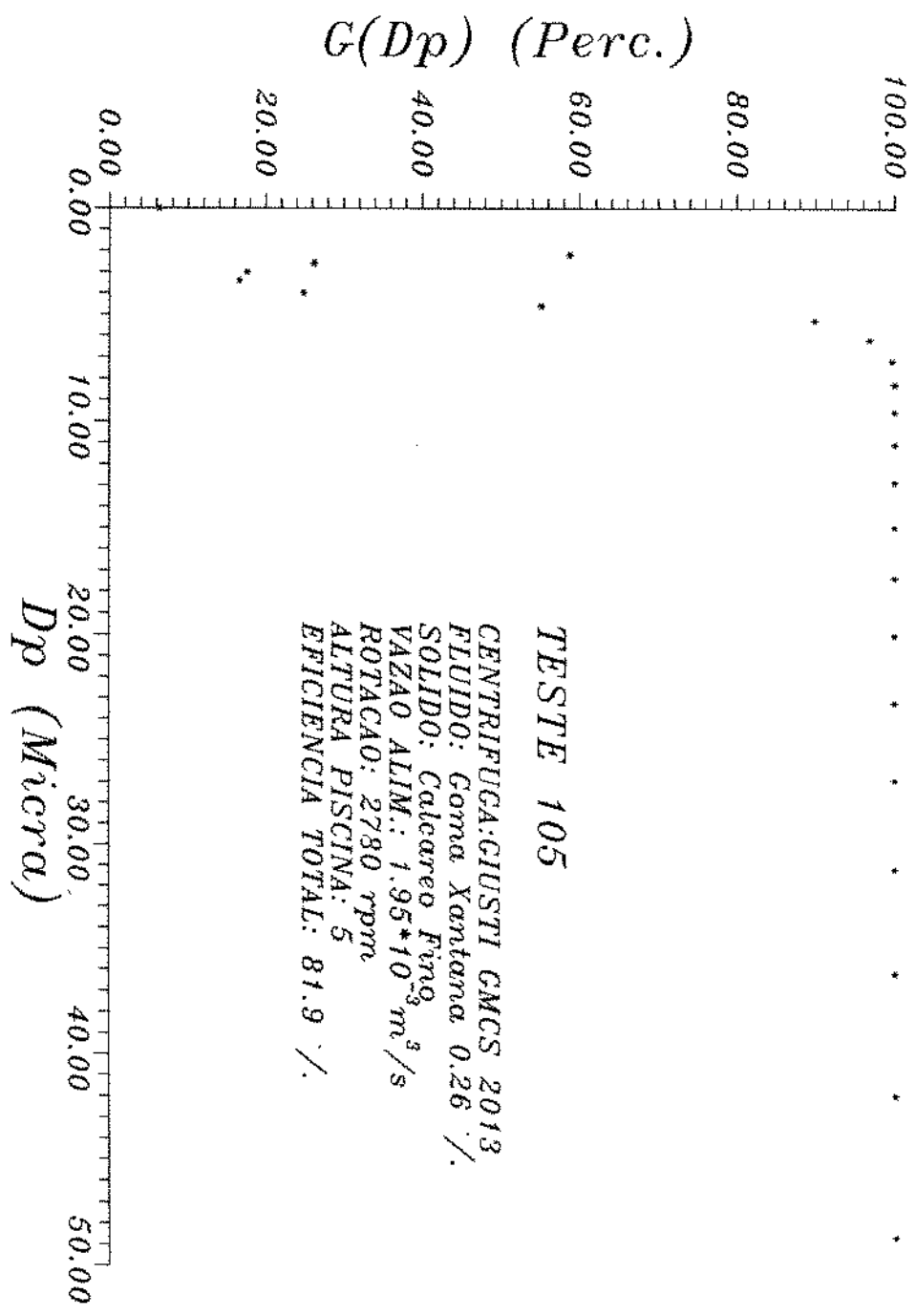
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



TESTE 104

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %/  
SOLIDO: Calceareo Fino  
VAZAO ALIM.:  $5.83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2080 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 68.0 %

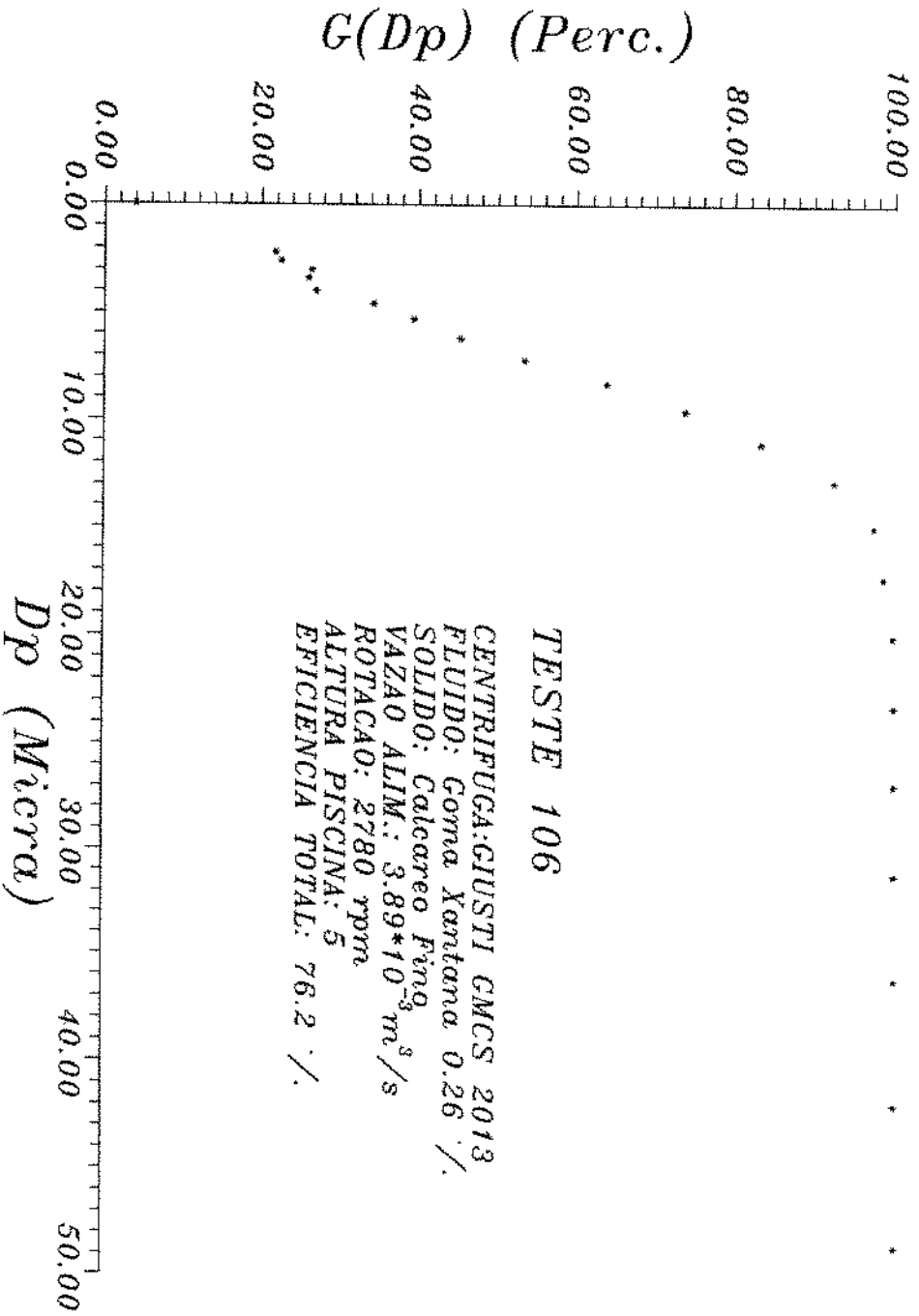
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



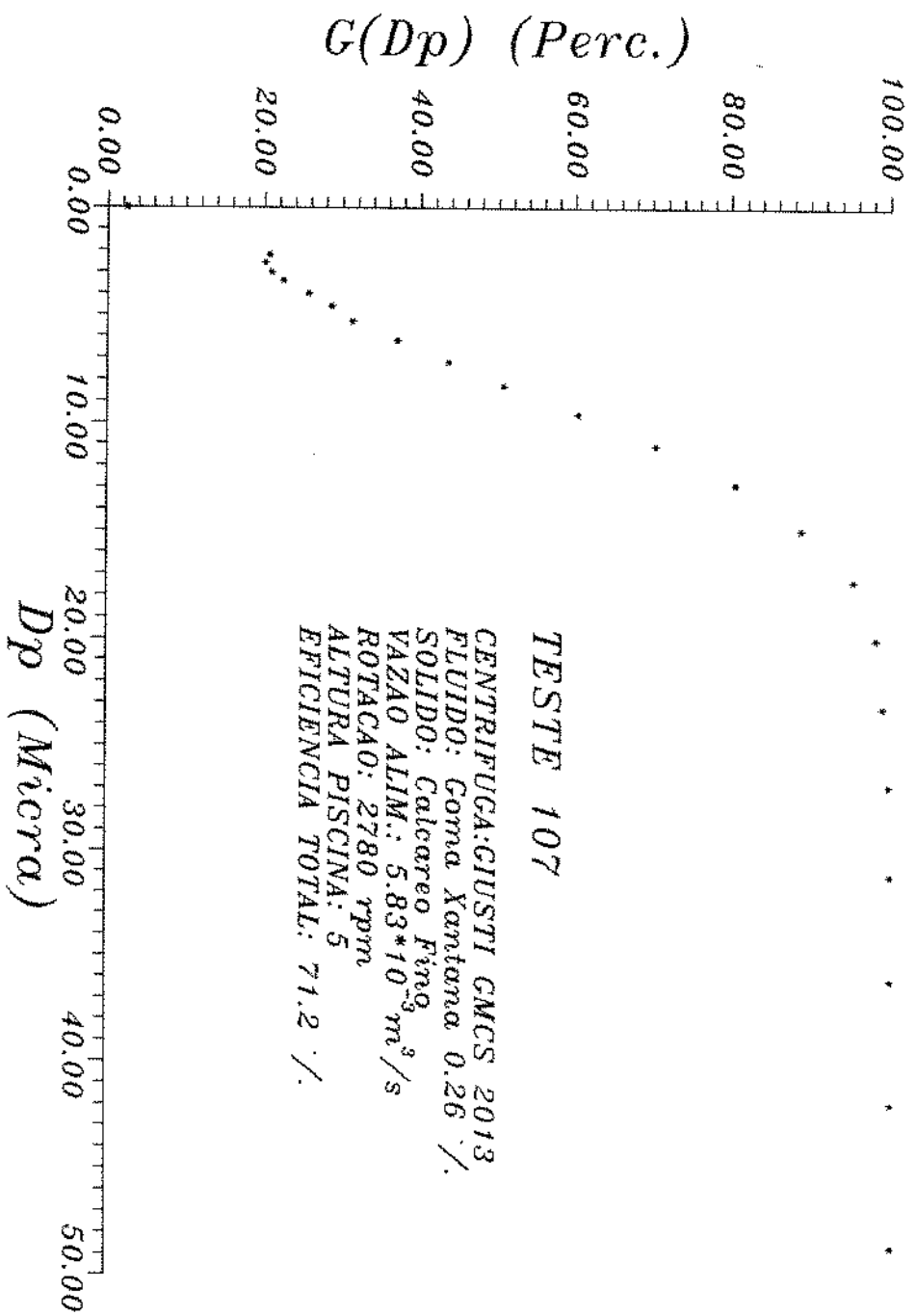
## TESTE 105

CENTRIFUGA: CIUSTI GMCS 2013  
 FLUIDO: Goma Xantana 0.26 %/  
 SOLIDO: Calcarea Fin<sup>o</sup>  
 VAZAO ALIM.: 1.95 \* 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 ROTACAO: 2780 rpm  
 ALTURA PISCINA: 5  
 EFICIENCIA TOTAL: 81.9 %/

# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

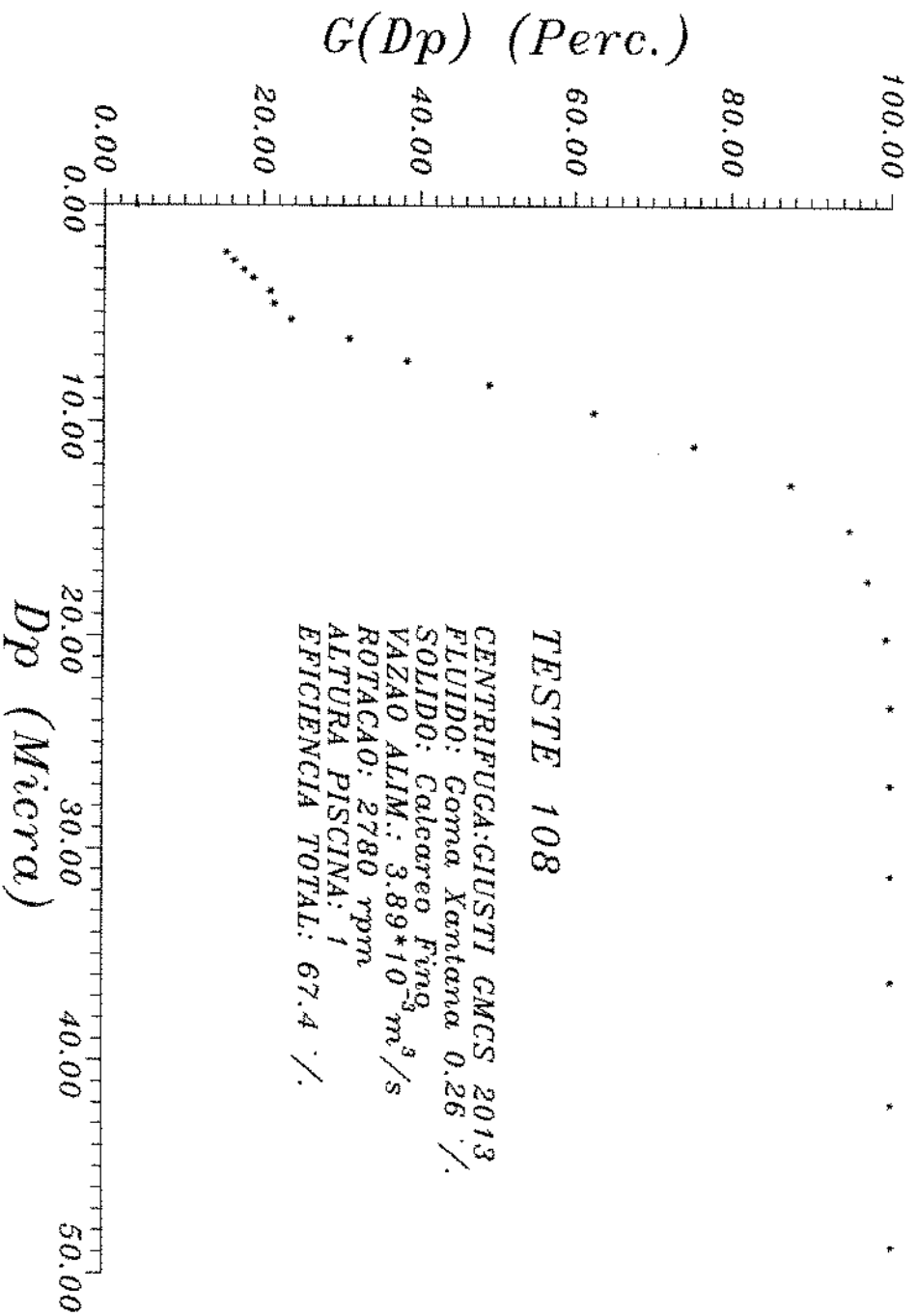


# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA

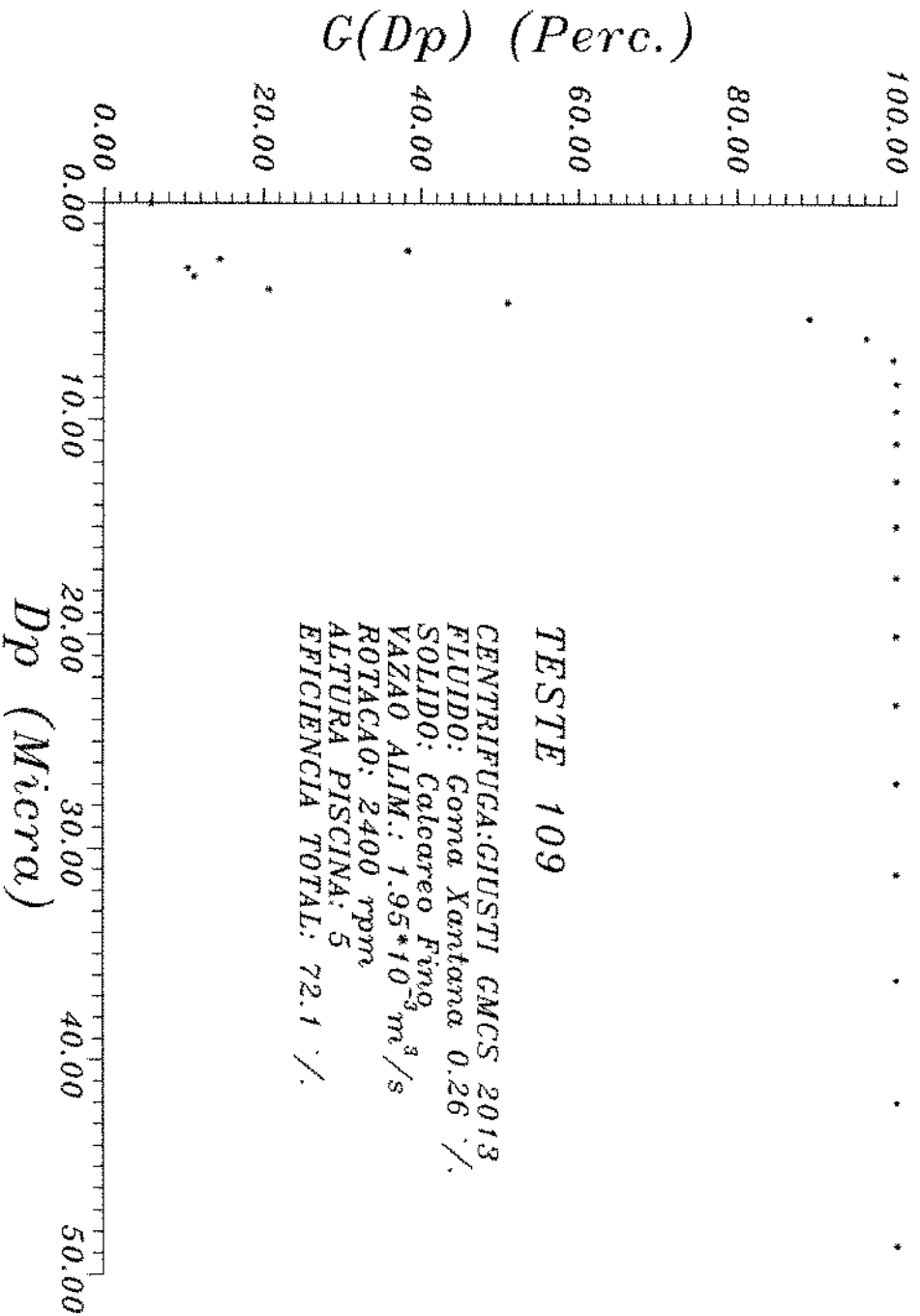




# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



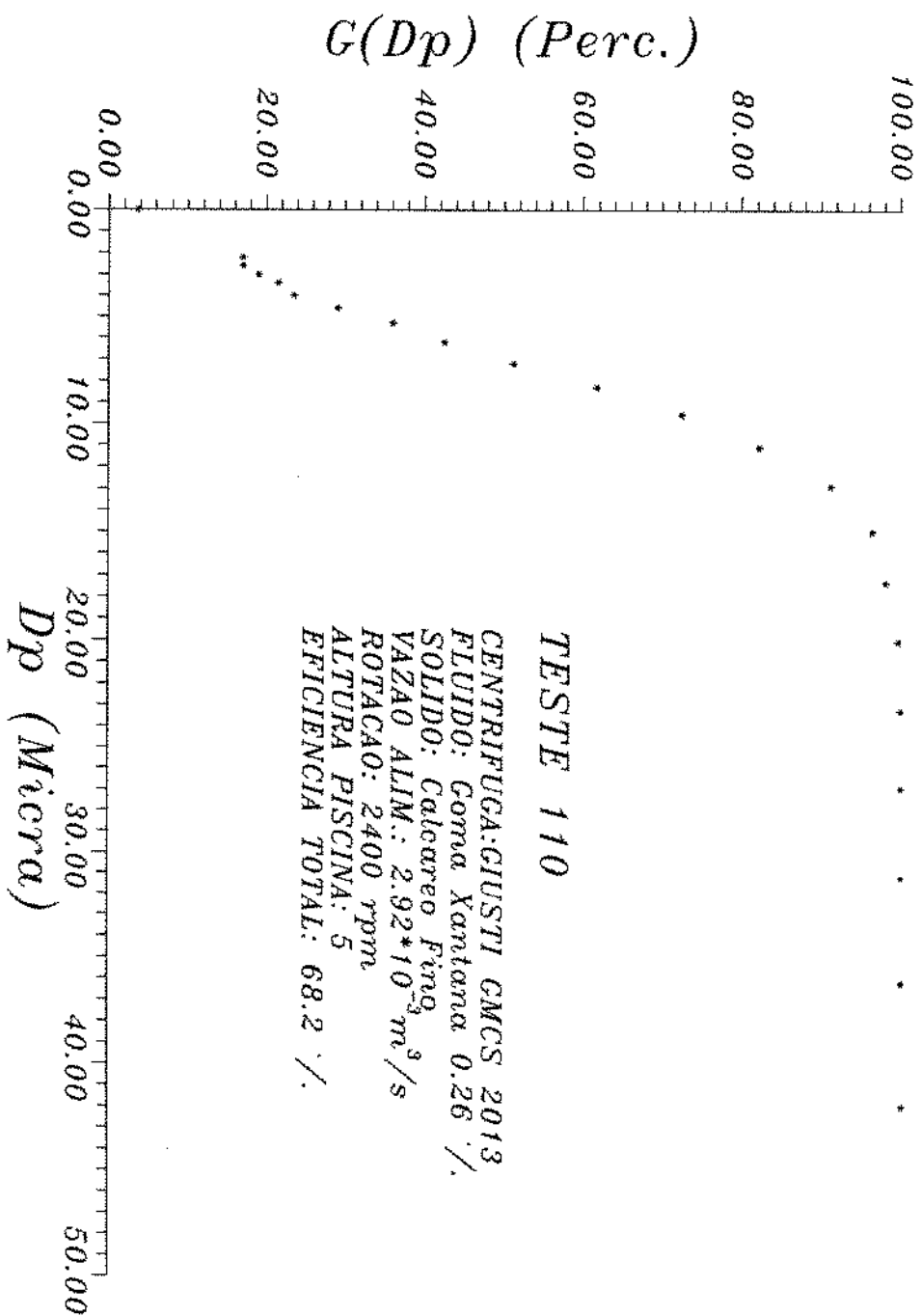
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



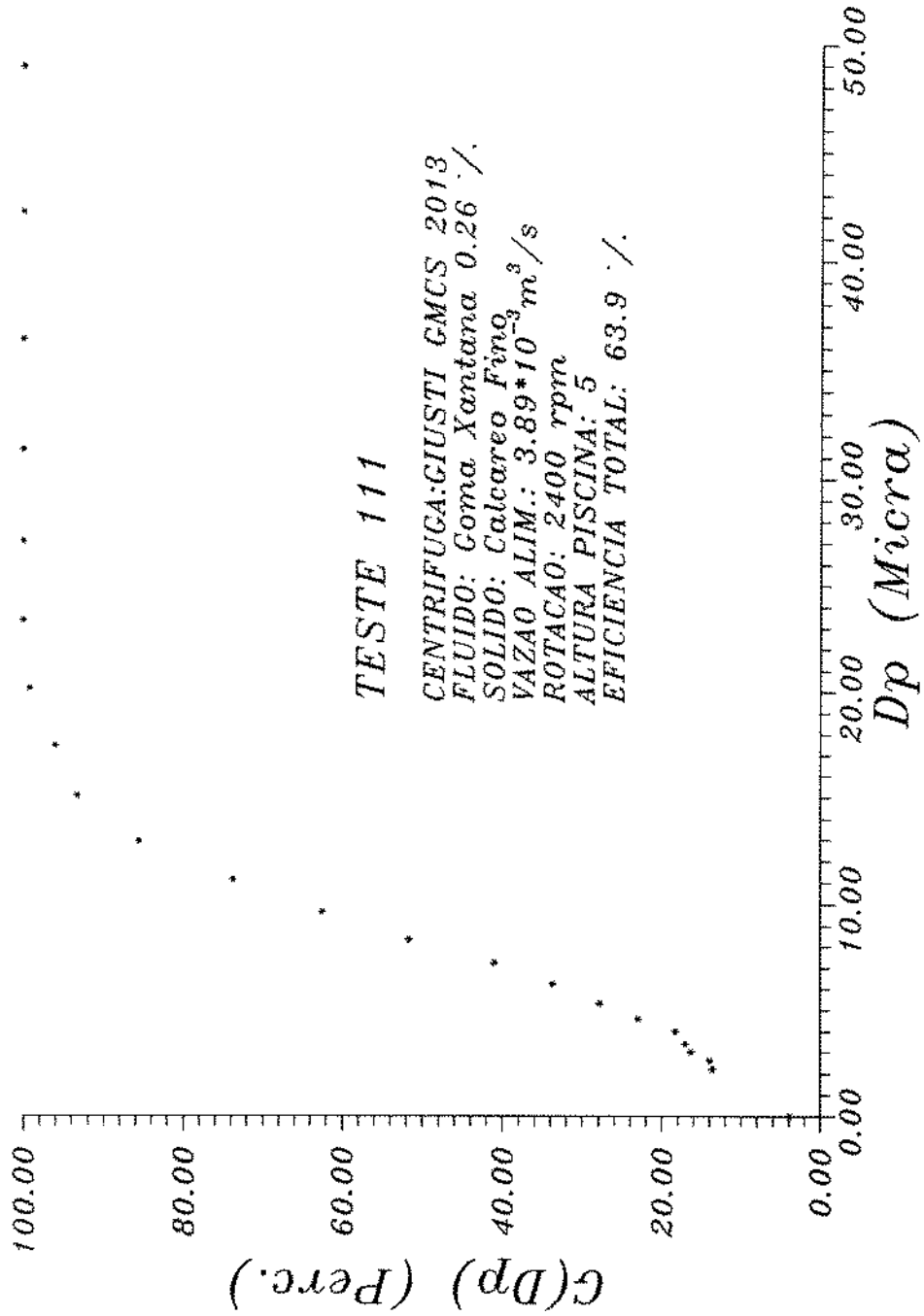
TESTE 109

CENTRIFUGA: GIUSTI GMCS 2013  
FLUIDO: Coma Xantana 0.26 %  
SOLIDO: Calcareo Fino  
VAZAO ALIM.:  $1.95 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$   
ROTACAO: 2400 rpm  
ALTURA PISCINA: 5  
EFICIENCIA TOTAL: 72.1 %

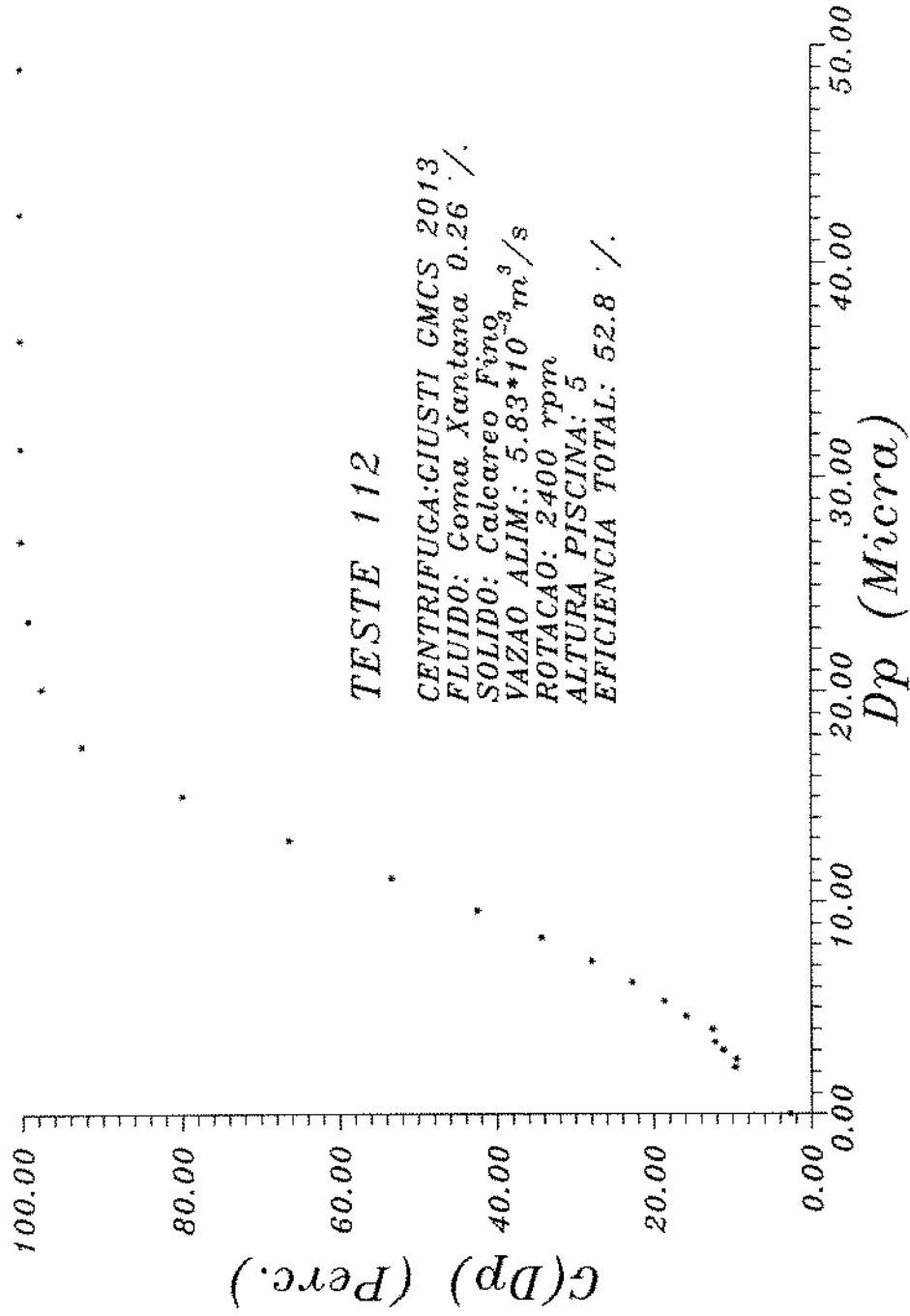
# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



# EFICIENCIA INDIV. DE COLETA



## A N E X O 2

LISTAGEM DOS RESULTADOS DO PROGRAMA  
PARA BALANÇO DE MATERIAIS  
INCLUINDO RESULTADOS DO ANALISADOR MALVERN

TESTE NUMERO: 22

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.133      DENS EFLU= 1.019      DENS DESC= 2.930  
 FRAC ALIM= .154      FRAC EFLU= .025      FRAC DESC= .866  
 EFICIENCIA GLOBAL = 86.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.6	31.3	1.4	5.4	24.5	89.3
2.6	7.2	65.3	3.3	11.6	36.7	93.7
3.0	8.0	73.5	4.5	13.8	54.0	94.9
3.4	9.0	79.4	6.1	15.9	65.4	96.0
4.0	11.2	86.8	8.6	19.1	73.8	96.7
4.6	14.4	91.2	11.5	22.2	84.2	96.4
5.3	17.9	94.1	14.9	25.5	89.8	96.2
6.2	21.4	96.3	18.6	29.0	92.8	96.4
7.2	25.4	98.0	23.1	33.2	95.8	96.9
8.3	30.4	98.9	28.3	37.8	97.9	97.0
9.6	36.0	99.5	34.1	42.9	98.7	97.1
11.1	41.5	99.9	40.3	48.3	99.4	98.0
12.9	47.2	100.0	47.2	54.3	99.9	100.0
15.0	53.0	100.0	54.2	60.4	100.0	102.6
17.4	59.4	100.0	61.4	66.6	100.0	105.2
20.1	66.5	100.0	68.8	73.0	100.0	107.4
23.3	74.0	100.0	76.7	79.8	100.0	111.6
27.0	80.7	100.0	84.9	86.9	100.0	127.8
31.3	86.4	100.0	92.1	93.2	100.0	172.2
36.3	91.6	100.0	97.0	97.4	100.0	280.0
42.1	96.0	100.0	99.3	99.4	100.0	571.4
48.8	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	13.9	2.3	13.7
D(V,0.9) =	34.5	4.4	29.9
D(V,0.1) =	3.7	2.0	4.3
D(4,3) =	16.7	2.9	15.7
D(3,2) =	8.4	2.6	9.3
SPAN =	2.2	1.0	1.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 14.41 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 14.19 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.55 %

TESTE NUMERO: 23

Q ALIM.=2.72 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=2.39 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.146      DENS EFLU= 1.024      DENS DESC= 2.927  
 FRAC ALIM= .167      FRAC EFLU= .031      FRAC DESC= .865  
 EFICIENCIA GLOBAL = 84.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.6	21.5	1.2	4.3	22.4	83.3
2.6	7.2	46.5	2.4	9.2	27.4	89.1
3.0	8.0	55.4	3.3	11.3	38.5	91.0
3.4	9.0	63.6	4.4	13.5	45.4	92.2
4.0	11.2	73.0	6.2	16.5	55.8	92.5
4.6	14.4	80.3	8.4	19.5	66.5	91.7
5.3	17.9	86.1	11.2	22.7	75.4	91.1
6.2	21.4	90.8	14.4	26.2	81.6	90.8
7.2	25.4	94.5	18.2	29.9	87.4	90.6
8.3	30.4	97.2	22.9	34.3	92.4	89.9
9.6	36.0	98.9	28.3	39.2	96.3	89.1
11.1	41.5	99.5	34.4	44.4	98.6	89.1
12.9	47.2	99.9	41.2	50.2	99.3	89.8
15.0	53.0	100.0	48.1	56.1	99.9	90.6
17.4	59.4	100.0	54.8	61.8	100.0	89.8
20.1	66.5	100.0	61.8	67.7	100.0	87.7
23.3	74.0	100.0	69.8	74.4	100.0	86.1
27.0	80.7	100.0	79.0	82.2	100.0	91.9
31.3	86.4	100.0	88.0	89.8	100.0	113.3
36.3	91.6	100.0	94.6	95.4	100.0	155.6
42.1	96.0	100.0	98.2	98.5	100.0	222.2
48.8	99.0	100.0	99.7	99.7	100.0	333.3
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	13.9	2.7	15.7
D(V,0.9) =	34.5	6.0	32.5
D(V,0.1) =	3.7	2.1	5.0
D(4,3) =	16.7	3.5	17.6
D(3,2) =	8.4	2.9	10.6
SPAN =	2.2	1.5	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 31.05 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 30.65 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.30 %



TESTE NUMERO: 24

Q ALIM.= $4.08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.46 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.142      DENS EFLU= 1.028      DENS DESC= 2.919  
 FRAC ALIM= .163      FRAC EFLU= .036      FRAC DESC= .864  
 EFICIENCIA GLOBAL = 81.5 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.6	18.6	.8	4.1	16.6	78.7
2.6	7.2	40.4	1.8	9.0	22.1	86.0
3.0	8.0	48.8	2.6	11.2	32.0	88.3
3.4	9.0	56.7	3.6	13.4	35.7	89.8
4.0	11.2	66.2	4.8	16.2	39.8	89.6
4.6	14.4	74.1	6.4	18.9	51.1	88.2
5.3	17.9	80.9	8.5	21.9	60.6	87.0
6.2	21.4	86.9	11.0	25.1	68.8	86.3
7.2	25.4	91.7	14.3	28.6	78.4	85.7
8.3	30.4	95.5	18.5	32.8	85.6	84.5
9.6	36.0	98.2	23.5	37.3	92.2	83.3
11.1	41.5	99.2	29.1	42.1	96.9	82.3
12.9	47.2	99.8	35.7	47.6	98.6	82.1
15.0	53.0	100.0	42.8	53.4	99.7	82.2
17.4	59.4	100.0	50.2	59.4	100.0	81.5
20.1	66.5	100.0	58.3	66.0	100.0	80.3
23.3	74.0	100.0	67.7	73.7	100.0	80.5
27.0	80.7	100.0	78.1	82.2	100.0	88.1
31.3	86.4	100.0	87.9	90.1	100.0	112.4
36.3	91.6	100.0	94.9	95.8	100.0	164.7
42.1	96.0	100.0	98.5	98.8	100.0	266.7
48.8	99.0	100.0	99.8	99.8	100.0	500.0
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	13.9	3.0	17.3
D(V,0.9) =	34.5	6.8	32.5
D(V,0.1) =	3.7	2.1	5.8
D(4,3) =	16.7	3.8	18.5
D(3,2) =	8.4	3.1	11.6
SPAN =	2.2	1.5	1.5

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 43.76 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 43.11 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.51 %

TESTE NUMERO: 25

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.151      DENS EFLU= 1.025      DENS DESC= 2.931  
 FRAC ALIM= .172      FRAC EFLU= .032      FRAC DESC= .866  
 EFICIENCIA GLOBAL = 84.5 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.7	21.4	1.2	4.3	22.3	82.7
2.6	7.4	46.5	2.4	9.2	26.7	88.7
3.0	8.0	56.0	3.3	11.4	37.6	91.1
3.4	8.9	64.5	4.5	13.8	45.7	92.7
4.0	10.7	74.1	6.2	16.7	54.4	93.4
4.6	13.5	81.3	8.5	19.8	67.3	93.1
5.3	16.8	86.8	11.1	22.8	75.3	92.5
6.2	20.1	91.2	14.2	26.1	82.4	92.3
7.2	23.7	94.4	17.9	29.7	88.3	92.4
8.3	27.9	96.8	22.2	33.7	92.3	92.4
9.6	32.6	98.5	27.2	38.2	95.8	92.4
11.1	37.8	99.2	32.6	42.9	98.1	92.2
12.9	43.5	99.7	38.7	48.1	98.8	92.1
15.0	49.0	100.0	44.9	53.4	99.6	92.6
17.4	54.7	100.0	51.3	58.8	100.0	93.0
20.1	61.3	100.0	58.2	64.7	100.0	92.6
23.3	68.6	100.0	65.7	71.0	100.0	91.5
27.0	75.7	100.0	73.5	77.6	100.0	91.7
31.3	82.6	100.0	81.2	84.1	100.0	92.6
36.3	89.1	100.0	88.4	90.2	100.0	94.0
42.1	94.8	100.0	94.5	95.4	100.0	94.5
48.8	98.7	100.0	98.6	98.8	100.0	92.9
56.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
65.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
76.0	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
88.1	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.4	2.7	16.9
D(V,0.9) =	37.0	5.9	37.5
D(V,0.1) =	3.8	2.1	5.0
D(4,3) =	18.1	3.5	19.3
D(3,2) =	8.8	2.9	10.9
SPAN =	2.2	1.4	1.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 15.93 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.73 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.27 %

TESTE NUMERO: 26

Q ALIM.= $2.72 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $2.38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.151      DENS EFLU= 1.031      DENS DESC= 2.935  
 FRAC ALIM= .173      FRAC EFLU= .039      FRAC DESC= .867  
 EFICIENCIA GLOBAL = 81.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.7	19.0	.9	4.3	17.4	79.0
2.6	7.4	41.7	2.0	9.5	22.0	86.4
3.0	8.0	50.8	2.8	11.8	30.1	89.2
3.4	8.9	59.7	3.9	14.4	34.8	91.0
4.0	10.7	70.1	5.2	17.4	38.8	91.5
4.6	13.5	78.9	6.9	20.5	49.5	90.8
5.3	16.8	86.1	9.0	23.5	60.2	89.9
6.2	20.1	91.9	11.8	26.9	71.3	89.6
7.2	23.7	96.5	15.3	30.6	81.9	89.7
8.3	27.9	98.7	19.7	34.6	92.5	89.6
9.6	32.6	99.6	25.0	39.1	97.3	89.8
11.1	37.8	100.0	31.0	44.0	99.2	90.1
12.9	43.5	100.0	37.8	49.5	100.0	90.8
15.0	49.0	100.0	45.0	55.4	100.0	92.7
17.4	54.7	100.0	52.5	61.5	100.0	95.4
20.1	61.3	100.0	60.5	67.9	100.0	98.0
23.3	68.6	100.0	69.6	75.3	100.0	103.3
27.0	75.7	100.0	79.3	83.2	100.0	117.4
31.3	82.6	100.0	88.3	90.5	100.0	148.7
36.3	89.1	100.0	94.8	95.8	100.0	209.6
42.1	94.8	100.0	98.3	98.6	100.0	305.9
48.8	98.7	100.0	99.7	99.8	100.0	433.3
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.4	2.9	16.6
D(V,0.9) =	37.0	5.9	32.3
D(V,0.1) =	3.8	2.1	5.6
D(4,3) =	18.1	3.5	18.1
D(3,2) =	8.8	3.0	11.3
SPAN =	2.2	1.3	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 30.91 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 30.45 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.48 %

TESTE NUMERO: 27

Q ALIM.= $4.08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.52 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.154      DENS EFLU= 1.035      DENS DESC= 2.848  
 FRAC ALIM= .175      FRAC EFLU= .044      FRAC DESC= .853  
 EFICIENCIA GLOBAL = 78.8 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.6	14.8	.7	3.7	14.0	79.4
2.6	8.2	32.5	1.4	8.0	16.9	78.1
3.0	10.2	39.8	2.0	10.0	25.5	78.3
3.4	12.4	47.1	2.8	12.2	28.0	78.3
4.0	15.1	56.1	3.7	14.8	29.6	78.2
4.6	17.8	64.2	4.8	17.4	36.8	78.1
5.3	20.5	71.7	6.3	20.2	45.6	78.3
6.2	23.6	78.7	8.2	23.2	54.2	78.2
7.2	27.2	84.9	10.8	26.5	64.8	77.9
8.3	31.3	90.1	14.2	30.3	74.6	77.5
9.6	36.0	94.1	18.5	34.6	82.8	76.9
11.1	41.0	97.0	23.4	39.0	88.9	76.1
12.9	46.6	98.8	29.2	44.0	94.7	75.0
15.0	52.5	99.4	35.5	49.1	97.8	73.4
17.4	58.6	99.9	42.5	54.7	98.8	72.0
20.1	65.0	100.0	50.0	60.6	99.8	70.0
23.3	72.1	100.0	58.3	67.2	100.0	66.9
27.0	79.6	100.0	66.7	73.8	100.0	61.3
31.3	86.9	100.0	74.9	80.2	100.0	52.2
36.3	92.9	100.0	82.6	86.3	100.0	40.8
42.1	97.0	100.0	89.4	91.7	100.0	28.3
48.8	98.3	100.0	94.8	95.9	100.0	32.7
56.6	99.9	100.0	98.6	98.9	100.0	7.1
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	14.1	3.6	20.1
D(V,0.9) =	33.6	8.3	42.8
D(V,0.1) =	2.9	2.1	6.9
D(4,3) =	16.6	4.5	22.6
D(3,2) =	7.9	3.4	13.5
SPAN =	2.2	1.7	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 46.50 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 45.80 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.53 %

TESTE NUMERO: 40

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.=  $.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.158      DENS EFLU= 1.020      DENS DESC= 3.003  
 FRAC ALIM= .179      FRAC EFLU= .026      FRAC DESC= .877  
 EFICIENCIA GLOBAL = 88.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.9	16.8	.7	2.6	24.5	86.3
2.6	4.9	37.4	1.6	5.8	29.7	90.8
3.0	5.7	46.9	2.3	7.6	38.4	92.4
3.4	6.7	56.6	3.3	9.6	43.0	93.6
4.0	8.6	67.7	4.4	11.9	46.9	93.4
4.6	11.2	77.4	6.0	14.4	55.1	92.7
5.3	14.0	85.3	7.3	16.5	60.5	91.4
6.2	16.9	91.6	10.3	19.9	80.1	91.9
7.2	20.1	96.4	13.3	23.1	86.5	91.8
8.3	23.9	98.7	17.1	26.7	94.7	91.7
9.6	28.5	99.6	21.5	30.7	98.1	91.0
11.1	33.7	100.0	26.3	35.0	99.4	90.0
12.9	39.7	100.0	32.0	40.0	100.0	88.7
15.0	45.7	100.0	38.2	45.5	100.0	87.9
17.4	51.7	100.0	44.9	51.4	100.0	87.7
20.1	58.1	100.0	52.3	57.9	100.0	87.8
23.3	65.6	100.0	60.4	65.1	100.0	86.9
27.0	74.2	100.0	68.7	72.4	100.0	82.4
31.3	82.9	100.0	77.0	79.7	100.0	74.3
36.3	90.3	100.0	85.1	86.9	100.0	65.1
42.1	95.7	100.0	92.4	93.3	100.0	56.6
48.8	99.0	100.0	97.6	97.9	100.0	41.7
56.6	99.9	100.0	99.3	99.4	100.0	14.3
65.6	99.9	100.0	99.4	99.5	100.0	16.7
76.0	99.9	100.0	99.5	99.6	100.0	20.0
88.1	100.0	100.0	99.7	99.7	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	16.7	3.1	19.2
D(V,0.9) =	36.0	5.9	39.9
D(V,0.1) =	4.3	2.1	6.1
D(4,3) =	18.7	3.6	21.7
D(3,2) =	9.9	3.1	12.6
SPAN =	1.9	1.2	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 17.05 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 16.90 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .86 %

TESTE NUMERO: 41

Q ALIM.= $2.72 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=  $.00 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.156      DENS EFLU= 1.023      DENS DESC= 2.907  
 FRAC ALIM= .177      FRAC EFLU= .030      FRAC DESC= .862  
 EFICIENCIA GLOBAL = 86.0 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.4	12.5	.7	2.4	23.7	85.6
2.6	4.2	28.1	1.4	5.1	26.3	89.5
3.0	5.1	35.8	2.0	6.7	32.5	90.8
3.4	6.1	44.7	2.7	8.6	32.9	91.9
4.0	7.8	55.8	3.6	10.9	36.0	92.0
4.6	10.0	66.6	4.8	13.5	43.3	91.6
5.3	12.4	76.9	6.3	16.2	50.7	91.4
6.2	14.9	86.5	8.3	19.3	60.4	91.6
7.2	17.8	94.4	10.9	22.6	73.6	91.7
8.3	21.3	98.2	14.3	26.0	89.2	91.7
9.6	25.5	99.4	18.5	29.8	96.7	91.3
11.1	30.1	100.0	23.2	34.0	98.9	91.0
12.9	35.3	100.0	28.6	38.6	100.0	90.6
15.0	40.5	100.0	34.7	43.8	100.0	91.1
17.4	46.0	100.0	41.2	49.4	100.0	91.8
20.1	52.4	100.0	48.3	55.5	100.0	92.1
23.3	59.8	100.0	56.1	62.2	100.0	91.6
27.0	67.8	100.0	64.2	69.2	100.0	89.9
31.3	76.1	100.0	72.2	76.1	100.0	86.0
36.3	84.7	100.0	80.0	82.8	100.0	76.5
42.1	92.5	100.0	87.1	88.9	100.0	58.1
48.8	98.0	100.0	93.0	94.0	100.0	28.6
56.6	99.9	100.0	97.3	97.7	100.0	3.7
65.6	99.9	100.0	99.7	99.7	100.0	33.3
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	19.0	3.7	20.8
D(V,0.9) =	39.9	6.6	45.1
D(V,0.1) =	4.6	2.2	6.8
D(4,3) =	20.8	4.0	22.5
D(3,2) =	10.7	3.4	13.3
SPAN =	1.9	1.2	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 33.75 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 33.40 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.05 %

TESTE NUMERO: 42

Q ALIM.=4.08 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=3.47 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.159      DENS EFLU= 1.027      DENS DESC= 2.896  
 FRAC ALIM= .180      FRAC EFLU= .035      FRAC DESC= .861  
 EFICIENCIA GLOBAL = 84.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	12.2	.7	2.5	21.8	75.7
2.6	5.6	27.2	1.4	5.5	24.6	83.7
3.0	6.5	34.4	2.0	7.1	32.4	86.1
3.4	7.5	42.4	2.8	9.0	33.8	88.1
4.0	9.5	52.3	3.7	11.4	34.8	88.1
4.6	12.3	62.0	4.8	13.8	40.9	86.9
5.3	15.4	71.7	6.4	16.7	49.2	86.2
6.2	18.7	81.3	8.4	19.9	56.6	85.9
7.2	22.3	89.8	11.1	23.5	67.7	85.8
8.3	26.5	96.1	14.7	27.5	80.7	85.5
9.6	31.4	99.2	19.1	31.7	92.5	84.6
11.1	36.9	99.8	24.1	36.0	98.5	83.1
12.9	43.1	100.0	29.9	41.0	99.7	81.2
15.0	49.3	100.0	36.3	46.4	100.0	79.6
17.4	55.4	100.0	43.1	52.1	100.0	78.4
20.1	61.7	100.0	50.5	58.3	100.0	77.4
23.3	69.1	100.0	58.5	65.0	100.0	74.5
27.0	77.5	100.0	66.7	72.0	100.0	67.6
31.3	85.8	100.0	74.6	78.6	100.0	55.9
36.3	92.6	100.0	81.8	84.7	100.0	40.7
42.1	97.0	100.0	88.1	90.0	100.0	25.2
48.8	99.3	100.0	93.2	94.3	100.0	10.3
56.6	100.0	100.0	96.9	97.4	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.1	99.2	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.3	3.8	19.9
D(V,0.9) =	34.1	7.2	44.2
D(V,0.1) =	4.1	2.2	6.8
D(4,3) =	17.6	4.3	23.0
D(3,2) =	9.3	3.5	13.5
SPAN =	2.0	1.3	1.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 50.71 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 50.11 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.21 %

TESTE NUMERO: 43

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.15 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.148      DENS EFLU= 1.018      DENS DESC= 3.025  
 FRAC ALIM= .169      FRAC EFLU= .023      FRAC DESC= .880  
 EFICIENCIA GLOBAL = 88.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	20.0	1.5	3.6	33.0	89.2
2.6	5.6	44.0	2.8	7.5	36.2	93.2
3.0	6.5	54.1	3.8	9.5	45.1	94.6
3.4	7.5	63.8	4.9	11.6	50.0	95.6
4.0	9.5	74.8	6.7	14.4	60.8	95.9
4.6	12.3	83.4	9.1	17.6	72.5	95.7
5.3	15.4	89.9	12.1	20.9	81.1	95.8
6.2	18.7	94.8	15.6	24.6	87.5	96.1
7.2	22.3	98.1	20.0	28.9	93.7	97.1
8.3	26.5	99.4	25.2	33.6	97.9	98.2
9.6	31.4	99.8	31.3	39.1	99.4	99.9
11.1	36.9	100.0	37.9	45.0	99.8	101.6
12.9	43.1	100.0	45.6	51.8	100.0	104.6
15.0	49.3	100.0	53.1	58.4	100.0	108.1
17.4	55.4	100.0	60.2	64.7	100.0	112.1
20.1	61.7	100.0	67.0	70.8	100.0	116.1
23.3	69.1	100.0	75.8	78.6	100.0	127.7
27.0	77.5	100.0	87.5	88.9	100.0	180.0
31.3	85.8	100.0	97.3	97.6	100.0	525.9
36.3	92.6	100.0	99.2	99.3	100.0	925.0
42.1	97.0	100.0	99.4	99.5	100.0	500.0
48.8	99.3	100.0	99.8	99.8	100.0	350.0
56.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.3	2.7	14.1
D(V,0.9) =	34.1	5.3	27.8
D(V,0.1) =	4.1	2.1	4.8
D(4,3) =	17.6	3.3	15.7
D(3,2) =	9.3	2.9	9.8
SPAN =	2.0	1.2	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 16.05 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.91 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .92 %



TESTE NUMERO: 44

Q ALIM.= $2.72 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $2.44 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.148      DENS EFLU= 1.022      DENS DESC= 2.972  
 FRAC ALIM= .170      FRAC EFLU= .028      FRAC DESC= .872  
 EFICIENCIA GLOBAL = 86.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	14.7	.8	2.7	25.0	80.6
2.6	5.6	32.6	1.7	6.0	28.9	87.4
3.0	6.5	40.8	2.4	7.7	37.3	89.3
3.4	7.5	49.5	3.4	9.8	39.4	91.1
4.0	9.5	59.9	4.4	12.1	41.3	90.8
4.6	12.3	69.6	5.9	14.7	52.8	90.0
5.3	15.4	78.3	7.9	17.7	62.0	89.3
6.2	18.7	85.9	10.3	20.8	70.3	88.9
7.2	22.3	92.0	13.5	24.4	80.0	88.8
8.3	26.5	96.4	17.4	28.3	87.8	88.5
9.6	31.4	99.0	22.1	32.8	94.6	87.9
11.1	36.9	99.7	27.3	37.3	98.6	86.7
12.9	43.1	99.9	33.2	42.4	99.6	85.2
15.0	49.3	100.0	39.6	48.0	99.9	83.9
17.4	55.4	100.0	46.3	53.7	100.0	83.1
20.1	61.7	100.0	53.7	60.1	100.0	82.7
23.3	69.1	100.0	61.8	67.1	100.0	80.9
27.0	77.5	100.0	70.0	74.2	100.0	75.0
31.3	85.8	100.0	78.3	81.3	100.0	65.4
36.3	92.6	100.0	86.2	88.1	100.0	53.6
42.1	97.0	100.0	93.2	94.1	100.0	44.1
48.8	99.3	100.0	98.0	98.3	100.0	35.0
56.6	100.0	100.0	99.6	99.7	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.6	99.7	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	99.7	99.7	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.3	3.4	18.7
D(V,0.9) =	34.1	6.8	39.1
D(V,0.1) =	4.1	2.1	6.1
D(4,3) =	17.6	4.0	21.2
D(3,2) =	9.3	3.3	12.4
SPAN =	2.0	1.4	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 31.84 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 31.49 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.12 %

TESTE NUMERO: 45

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.15 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.148      DENS EFLU= 1.017      DENS DESC= 3.147  
 FRAC ALIM= .169      FRAC EFLU= .022      FRAC DESC= .897  
 EFICIENCIA GLOBAL = 89.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	29.8	1.6	4.6	30.3	93.3
2.6	5.6	62.5	3.2	9.6	39.1	96.0
3.0	6.1	71.0	4.3	11.5	56.5	97.3
3.4	7.0	77.5	5.7	13.4	65.8	98.2
4.0	9.0	85.5	7.8	16.2	73.4	98.5
4.6	12.0	90.7	10.4	19.1	83.8	98.0
5.3	15.1	94.1	13.4	22.1	89.6	97.9
6.2	18.1	96.7	16.8	25.4	93.0	98.4
7.2	21.4	98.5	20.7	29.1	96.1	99.1
8.3	25.4	99.4	25.2	33.2	98.3	99.7
9.6	30.2	99.8	30.4	37.9	99.3	100.3
11.1	35.3	100.0	36.0	42.9	99.8	101.1
12.9	40.8	100.0	42.5	48.7	100.0	103.0
15.0	46.0	100.0	48.9	54.4	100.0	105.7
17.4	51.6	100.0	55.3	60.1	100.0	108.3
20.1	58.0	100.0	61.8	65.9	100.0	109.9
23.3	65.4	100.0	69.4	72.7	100.0	113.1
27.0	73.2	100.0	78.2	80.6	100.0	122.9
31.3	81.0	100.0	87.0	88.4	100.0	146.2
36.3	88.3	100.0	93.7	94.4	100.0	185.7
42.1	94.4	100.0	97.7	97.9	100.0	243.5
48.8	98.6	100.0	99.6	99.6	100.0	350.0
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	16.7	2.4	15.4
D(V,0.9) =	37.6	4.5	33.2
D(V,0.1) =	4.2	2.0	4.5
D(4,3) =	18.9	2.9	17.6
D(3,2) =	9.6	2.6	9.9
SPAN =	2.0	1.0	1.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 15.89 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.71 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.10 %

TESTE NUMERO: 46

Q ALIM.= $2.72 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.= $2.42 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.146      DENS EFLU= 1.020      DENS DESC= 3.005  
 FRAC ALIM= .167      FRAC EFLU= .026      FRAC DESC= .877  
 EFICIENCIA GLOBAL = 87.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	19.2	.9	3.2	25.4	85.8
2.6	5.6	42.4	2.1	7.3	31.0	91.3
3.0	6.1	52.3	2.9	9.2	37.8	93.5
3.4	7.0	62.0	3.9	11.4	43.7	94.7
4.0	9.0	73.0	5.4	14.1	52.1	94.7
4.6	12.0	81.9	7.2	16.8	62.2	93.6
5.3	15.1	88.8	9.4	19.6	72.4	92.8
6.2	18.1	94.0	12.1	22.6	81.4	92.7
7.2	21.4	97.7	15.5	26.0	89.8	92.8
8.3	25.4	99.3	19.4	29.7	96.2	92.5
9.6	30.2	99.8	23.8	33.6	98.8	91.6
11.1	35.3	100.0	28.7	37.8	99.7	90.7
12.9	40.8	100.0	34.3	42.7	100.0	90.1
15.0	46.0	100.0	40.5	48.1	100.0	90.8
17.4	51.6	100.0	47.1	53.9	100.0	91.5
20.1	58.0	100.0	54.1	60.0	100.0	91.5
23.3	65.4	100.0	61.7	66.6	100.0	90.3
27.0	73.2	100.0	69.3	73.2	100.0	87.3
31.3	81.0	100.0	76.9	79.9	100.0	82.3
36.3	88.3	100.0	84.5	86.5	100.0	75.5
42.1	94.4	100.0	91.3	92.4	100.0	64.4
48.8	98.6	100.0	96.3	96.8	100.0	37.8
56.6	99.9	100.0	98.1	98.3	100.0	5.3
65.6	99.9	100.0	98.5	98.7	100.0	6.7
76.0	99.9	100.0	98.9	99.0	100.0	9.1
88.1	99.9	100.0	99.4	99.5	100.0	16.7
102.1	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	16.7	2.8	18.5
D(V,0.9) =	37.6	5.5	40.8
D(V,0.1) =	4.2	2.1	5.5
D(4,3) =	18.9	3.4	21.5
D(3,2) =	9.6	2.9	11.8
SPAN =	2.0	1.2	1.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 31.50 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 31.15 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.12 %

TESTE NUMERO: 47

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.18 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.153      DENS EFLU= 1.029      DENS DESC= 2.969  
 FRAC ALIM= .174      FRAC EFLU= .037      FRAC DESC= .872  
 EFICIENCIA GLOBAL = 82.3 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	14.0	.6	3.0	17.6	78.4
2.6	5.6	30.7	1.4	6.6	21.5	85.7
3.0	6.1	37.9	1.9	8.3	25.9	88.3
3.4	7.0	46.1	2.6	10.3	27.4	89.9
4.0	9.0	56.4	3.4	12.8	29.5	89.4
4.6	12.0	65.9	4.5	15.4	38.7	87.8
5.3	15.1	74.6	6.1	18.3	49.3	86.9
6.2	18.1	82.5	8.1	21.3	58.5	86.6
7.2	21.4	89.1	10.9	24.8	70.3	86.6
8.3	25.4	94.3	14.5	28.7	80.4	86.3
9.6	30.2	97.6	19.0	32.9	90.1	85.8
11.1	35.3	98.9	24.0	37.3	95.8	84.9
12.9	40.8	99.7	29.9	42.3	98.0	84.4
15.0	46.0	100.0	36.5	47.8	99.5	85.0
17.4	51.6	100.0	43.7	53.7	100.0	86.0
20.1	58.0	100.0	51.5	60.1	100.0	86.6
23.3	65.4	100.0	60.0	67.1	100.0	86.5
27.0	73.2	100.0	68.3	73.9	100.0	84.5
31.3	81.0	100.0	76.3	80.5	100.0	80.2
36.3	88.3	100.0	84.2	87.0	100.0	74.1
42.1	94.4	100.0	91.3	92.8	100.0	64.4
48.8	98.6	100.0	96.4	97.0	100.0	38.9
56.6	99.9	100.0	98.3	98.6	100.0	5.9
65.6	99.9	100.0	98.6	98.8	100.0	7.1
76.0	99.9	100.0	99.0	99.2	100.0	10.0
88.1	99.9	100.0	99.5	99.6	100.0	20.0
102.1	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	16.7	3.6	19.6
D(V,0.9) =	37.6	7.3	40.8
D(V,0.1) =	4.2	2.1	6.9
D(4,3) =	18.9	4.2	22.3
D(3,2) =	9.6	3.4	13.5
SPAN =	2.0	1.4	1.7

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 15.62 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.41 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.37 %

TESTE NUMERO: 48

Q ALIM.= $2.72 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $2.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.150      DENS EFLU= 1.034      DENS DESC= 2.936  
 FRAC ALIM= .171      FRAC EFLU= .043      FRAC DESC= .867  
 EFICIENCIA GLOBAL = 78.7 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.2	11.4	.6	2.9	15.0	66.7
2.6	6.6	25.5	1.2	6.4	17.1	77.8
3.0	7.2	32.1	1.7	8.2	22.4	81.9
3.4	8.1	39.5	2.3	10.2	23.6	84.4
4.0	10.1	48.7	3.1	12.8	25.6	84.6
4.6	13.2	57.6	4.0	15.4	28.9	82.8
5.3	16.7	66.5	5.1	18.2	34.1	81.1
6.2	20.1	75.7	6.7	21.4	42.5	80.6
7.2	23.7	84.7	9.0	25.1	52.8	80.6
8.3	27.8	92.4	12.1	29.2	65.2	80.4
9.6	32.6	97.7	16.1	33.5	81.0	79.8
11.1	38.0	99.2	20.9	37.6	94.3	78.2
12.9	44.3	99.9	26.8	42.4	98.1	76.1
15.0	50.5	100.0	33.6	47.7	99.8	74.5
17.4	56.5	100.0	41.1	53.6	100.0	73.9
20.1	62.4	100.0	49.4	60.2	100.0	74.3
23.3	69.4	100.0	58.3	67.2	100.0	73.4
27.0	77.8	100.0	67.1	74.1	100.0	67.5
31.3	86.3	100.0	75.4	80.6	100.0	55.7
36.3	93.1	100.0	82.9	86.5	100.0	40.4
42.1	97.3	100.0	89.3	91.6	100.0	25.2
48.8	99.4	100.0	94.3	95.5	100.0	10.5
56.6	100.0	100.0	97.8	98.3	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.7	99.8	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	14.8	4.1	20.3
D(V,0.9) =	33.7	7.9	42.9
D(V,0.1) =	3.9	2.2	7.6
D(4,3) =	17.3	4.6	21.9
D(3,2) =	8.9	3.6	13.8
SPAN =	2.0	1.4	1.7

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 29.69 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 29.24 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.53 %

TESTE NUMERO: 49

Q ALIM.= $1.35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.18 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.147      DENS EFLU= 1.026      DENS DESC= 2.996  
 FRAC ALIM= .168      FRAC EFLU= .034      FRAC DESC= .876  
 EFICIENCIA GLOBAL = 83.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.3	17.4	.8	3.6	18.4	78.9
2.6	6.7	37.9	1.7	7.8	22.3	86.2
3.0	7.3	45.9	2.3	9.7	29.8	88.5
3.4	8.2	53.9	3.2	11.8	35.9	90.1
4.0	10.2	63.4	4.3	14.3	40.4	90.0
4.6	13.3	71.4	5.8	16.9	52.1	88.6
5.3	16.6	78.2	7.8	19.7	62.8	87.5
6.2	19.9	84.1	10.4	22.9	71.8	87.1
7.2	23.3	88.9	13.6	26.3	79.7	87.1
8.3	27.2	92.7	17.7	30.4	86.2	87.3
9.6	31.9	95.6	22.3	34.7	90.5	86.9
11.1	37.1	97.6	27.4	39.3	94.0	86.2
12.9	43.0	98.9	33.3	44.4	96.9	85.2
15.0	48.6	99.5	39.8	49.9	98.5	85.3
17.4	54.2	99.9	46.8	55.8	99.3	86.1
20.1	60.0	100.0	54.3	62.0	99.9	87.5
23.3	67.0	100.0	62.3	68.7	100.0	87.5
27.0	75.0	100.0	70.0	75.1	100.0	83.3
31.3	83.2	100.0	77.2	81.1	100.0	73.7
36.3	90.4	100.0	83.7	86.5	100.0	58.9
42.1	95.7	100.0	89.2	91.0	100.0	39.8
48.8	99.0	100.0	93.5	94.6	100.0	15.4
56.6	99.9	100.0	96.7	97.3	100.0	3.0
65.6	99.9	100.0	98.7	98.9	100.0	7.7
76.0	99.9	100.0	99.7	99.8	100.0	33.3
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.5	3.2	18.5
D(V,0.9) =	35.9	7.4	43.2
D(V,0.1) =	3.9	2.1	6.1
D(4,3) =	18.1	4.1	22.0
D(3,2) =	9.0	3.2	12.4
SPAN =	2.1	1.7	2.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 15.08 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 14.88 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.33 %

TESTE NUMERO: 50

Q ALIM.=2.72 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=2.50 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.145      DENS EFLU= 1.031      DENS DESC= 2.957  
 FRAC ALIM= .166      FRAC EFLU= .039      FRAC DESC= .870  
 EFICIENCIA GLOBAL = 80.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.3	13.9	.6	3.2	15.0	72.2
2.6	6.7	30.5	1.3	7.1	18.3	81.5
3.0	7.3	37.5	1.8	8.9	23.0	84.6
3.4	8.2	45.3	2.4	10.9	24.1	86.5
4.0	10.2	55.2	3.2	13.5	27.9	86.5
4.6	13.3	64.2	4.4	16.3	35.8	85.1
5.3	16.6	72.6	5.6	18.9	40.8	83.6
6.2	19.9	80.5	7.6	22.1	54.8	83.1
7.2	23.3	87.2	10.3	25.6	65.8	83.1
8.3	27.2	92.7	13.7	29.4	75.6	82.9
9.6	31.9	96.6	18.0	33.6	86.4	82.3
11.1	37.1	98.2	22.8	37.8	93.6	81.0
12.9	43.0	99.4	28.5	42.6	96.5	79.5
15.0	48.6	99.9	34.8	47.7	98.8	78.8
17.4	54.2	100.0	41.6	53.2	99.8	78.4
20.1	60.0	100.0	49.0	59.1	100.0	78.4
23.3	67.0	100.0	57.1	65.6	100.0	76.9
27.0	75.0	100.0	65.2	72.1	100.0	71.8
31.3	83.2	100.0	73.1	78.4	100.0	62.5
36.3	90.4	100.0	80.7	84.5	100.0	49.7
42.1	95.7	100.0	87.5	90.0	100.0	34.4
48.8	99.0	100.0	93.1	94.5	100.0	14.5
56.6	99.9	100.0	97.2	97.8	100.0	3.6
65.6	99.9	100.0	99.5	99.6	100.0	20.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.5	3.7	20.5
D(V,0.9) =	35.9	7.7	44.8
D(V,0.1) =	3.9	2.1	7.1
D(4,3) =	18.1	4.4	22.3
D(3,2) =	9.0	3.4	13.5
SPAN =	2.1	1.5	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 29.10 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 28.68 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.45 %

TESTE NUMERO: 61

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.055      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.901  
 FRAC ALIM= .084      FRAC EFLU= .003      FRAC DESC= .758  
 EFICIENCIA GLOBAL = 96.8 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.2	.0	.3	.3	96.8	66.7
2.6	.6	.6	.6	.6	91.3	.0
3.0	.9	1.7	.9	.9	82.7	100.0
3.4	1.4	3.3	1.1	1.2	76.5	86.4
4.0	1.9	6.6	1.4	1.6	69.7	90.4
4.6	2.4	11.1	1.7	2.0	67.3	92.6
5.3	3.0	15.3	2.0	2.4	68.9	92.5
6.2	3.6	19.2	2.3	2.8	66.1	92.3
7.2	4.4	24.5	2.6	3.3	62.4	91.8
8.3	5.3	31.9	3.0	3.9	64.2	92.0
9.6	6.5	41.3	3.7	4.9	71.0	92.6
11.1	7.9	50.9	4.6	6.1	75.7	92.9
12.9	9.6	60.7	5.8	7.6	79.6	93.1
15.0	11.5	70.0	7.1	9.1	83.4	93.0
17.4	13.9	78.5	9.2	11.4	90.0	93.2
20.1	17.2	85.8	12.5	14.9	94.0	93.6
23.3	20.9	92.2	16.7	19.1	96.0	94.4
27.0	24.2	96.8	21.7	24.1	97.7	96.7
31.3	29.3	99.4	28.8	31.1	99.2	99.3
36.3	39.1	99.9	40.2	42.1	99.9	101.8
42.1	53.2	99.9	55.2	56.6	100.0	104.5
48.8	68.6	100.0	70.7	71.6	100.0	107.2
56.6	81.8	100.0	83.8	84.3	100.0	112.3
65.6	90.8	100.0	92.4	92.6	100.0	121.1
76.0	96.2	100.0	97.2	97.3	100.0	135.7
88.1	98.9	100.0	99.5	99.5	100.0	220.0
102.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	40.8	10.9	40.1
D(V,0.9) =	64.5	22.1	62.5
D(V,0.1) =	13.4	4.4	18.1
D(4,3) =	40.4	12.4	37.5
D(3,2) =	24.4	8.5	25.0
SPAN =	1.3	1.6	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 13.18 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 13.15 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .24 %



TESTE NUMERO: 62

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.054      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.943  
 FRAC ALIM= .081      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .777  
 EFICIENCIA GLOBAL = 95.9 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.2	.1	.3	.3	97.0	50.0
2.6	.6	.6	.7	.7	76.0	.0
3.0	.9	1.5	.8	.8	74.3	85.7
3.4	1.4	2.8	1.0	1.1	75.2	77.8
4.0	1.9	5.7	1.3	1.5	57.6	86.4
4.6	2.4	10.2	1.5	1.9	52.3	89.7
5.3	3.0	14.3	1.7	2.2	56.1	89.7
6.2	3.6	17.6	1.9	2.5	60.2	89.2
7.2	4.4	21.9	2.2	3.0	60.9	88.8
8.3	5.3	28.4	2.6	3.6	58.0	89.5
9.6	6.5	37.5	3.1	4.5	58.8	90.1
11.1	7.9	47.4	3.8	5.6	66.0	90.6
12.9	9.6	57.4	4.9	7.0	73.2	91.0
15.0	11.5	66.4	6.0	8.5	77.6	90.9
17.4	13.9	74.9	7.9	10.6	86.0	91.0
20.1	17.2	83.6	11.0	14.0	90.8	91.5
23.3	20.9	91.7	15.5	18.6	94.3	92.9
27.0	24.2	97.1	21.5	24.6	97.3	96.4
31.3	29.3	99.6	30.0	32.8	99.2	101.0
36.3	39.1	100.0	42.0	44.4	99.9	105.0
42.1	53.2	100.0	56.7	58.5	100.0	108.1
48.8	68.6	100.0	71.5	72.7	100.0	110.2
56.6	81.8	100.0	83.9	84.6	100.0	113.0
65.6	90.8	100.0	92.2	92.5	100.0	117.9
76.0	96.2	100.0	97.0	97.1	100.0	126.7
88.1	98.9	100.0	99.3	99.3	100.0	157.1
102.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	40.8	11.5	39.4
D(V,0.9) =	64.5	22.5	62.6
D(V,0.1) =	13.4	4.6	19.3
D(4,3) =	40.4	12.8	37.5
D(3,2) =	24.4	9.2	25.8
SPAN =	1.3	1.6	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 24.73 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 24.67 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .25 %

TESTE NUMERO: 63

Q ALIM.= $5.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $5.39 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.051      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.999  
 FRAC ALIM= .077      FRAC EFLU= .005      FRAC DESC= .800  
 EFICIENCIA GLOBAL = 94.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.0	.3	.3	96.8	100.0
2.6	.7	.5	.7	.7	79.8	100.0
3.0	1.0	1.6	.9	.9	72.1	85.7
3.4	1.5	3.0	1.1	1.2	68.6	78.9
4.0	2.0	5.4	1.4	1.6	55.8	85.0
4.6	2.7	8.6	1.6	2.0	49.5	84.3
5.3	3.3	12.0	1.8	2.4	35.3	85.3
6.2	4.1	15.6	1.9	2.7	33.8	83.9
7.2	5.2	20.2	2.1	3.2	42.9	82.9
8.3	6.3	26.0	2.4	3.8	42.9	83.5
9.6	7.8	33.1	2.7	4.5	43.3	83.2
11.1	9.7	41.6	3.2	5.4	50.3	83.1
12.9	11.8	51.8	3.9	6.7	54.1	83.5
15.0	14.1	62.0	4.7	8.0	60.8	83.6
17.4	16.9	71.3	6.3	10.1	77.2	83.7
20.1	20.5	79.4	9.0	13.1	86.3	83.7
23.3	24.8	87.1	13.0	17.3	90.8	84.1
27.0	29.4	94.0	18.5	22.9	94.3	85.6
31.3	35.9	98.7	26.6	30.8	97.7	87.1
36.3	46.1	99.6	39.1	42.6	99.7	88.4
42.1	59.7	99.7	55.0	57.6	99.9	89.5
48.8	73.7	99.9	71.3	73.0	99.9	91.6
56.6	85.6	100.0	84.8	85.7	100.0	94.7
65.6	93.3	100.0	93.4	93.8	100.0	101.5
76.0	97.6	100.0	98.0	98.1	100.0	120.0
88.1	99.6	100.0	99.9	99.9	100.0	400.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5)	= 38.0	12.6	40.2
D(V,0.9)	= 61.0	24.7	61.3
D(V,0.1)	= 11.4	4.9	21.0
D(4,3)	= 35.9	14.0	39.3
D(3,2)	= 21.3	9.8	28.1
SPAN	= 1.3	1.6	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 33.56 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 33.44 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .36 %

TESTE NUMERO: 64

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.050      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.966  
 FRAC ALIM= .076      FRAC EFLU= .003      FRAC DESC= .786  
 EFICIENCIA GLOBAL = 96.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.3	.3	.3	95.0	.0
2.6	.7	.9	.6	.6	82.9	66.7
3.0	1.0	3.8	.9	1.0	68.8	96.6
3.4	1.5	8.6	1.2	1.5	63.4	95.9
4.0	2.0	13.6	1.5	1.9	66.1	95.9
4.6	2.7	17.3	1.8	2.3	66.5	94.2
5.3	3.3	20.4	2.0	2.6	66.0	92.9
6.2	4.1	25.5	2.4	3.2	52.1	92.6
7.2	5.2	36.3	2.7	3.8	47.0	92.6
8.3	6.3	48.9	3.2	4.8	59.0	93.2
9.6	7.8	57.7	4.1	5.9	77.1	93.1
11.1	9.7	64.0	5.0	7.0	81.5	92.0
12.9	11.8	71.7	6.4	8.6	81.5	91.7
15.0	14.1	84.5	8.1	10.7	80.8	92.1
17.4	16.9	96.9	10.3	13.3	88.3	92.4
20.1	20.5	100.0	13.5	16.5	98.1	91.9
23.3	24.8	100.0	17.9	20.7	100.0	91.6
27.0	29.4	100.0	23.3	25.9	100.0	92.0
31.3	35.9	100.0	31.0	33.4	100.0	92.9
36.3	46.1	100.0	42.7	44.7	100.0	94.1
42.1	59.7	100.0	57.6	59.0	100.0	95.0
48.8	73.7	100.0	72.7	73.6	100.0	96.3
56.6	85.6	100.0	85.3	85.8	100.0	98.0
65.6	93.3	100.0	93.4	93.6	100.0	101.5
76.0	97.6	100.0	97.9	98.0	100.0	114.3
88.1	99.6	100.0	99.8	99.8	100.0	200.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5)	= 38.0	8.4	39.1
D(V,0.9)	= 61.0	15.9	61.0
D(V,0.1)	= 11.4	3.6	17.1
D(4,3)	= 35.9	9.2	36.5
D(3,2)	= 21.3	6.9	24.2
SPAN	= 1.3	1.5	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 11.51 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 11.49 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .15 %

TESTE NUMERO: 65

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.53 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.048      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .074      FRAC EFLU= .003      FRAC DESC= .784  
 EFICIENCIA GLOBAL = 96.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.2	.3	.3	94.2	100.0
2.6	.7	.9	.6	.6	88.5	66.7
3.0	1.0	2.1	.9	.9	76.2	91.7
3.4	1.5	4.1	1.1	1.2	67.5	86.7
4.0	2.0	8.4	1.4	1.7	53.3	91.4
4.6	2.7	13.6	1.6	2.1	51.1	90.8
5.3	3.3	17.7	1.8	2.4	56.5	90.6
6.2	4.1	21.1	2.0	2.8	58.3	89.0
7.2	5.2	26.5	2.3	3.3	55.6	88.0
8.3	6.3	35.0	2.7	4.0	53.0	88.9
9.6	7.8	46.0	3.2	4.9	57.3	89.3
11.1	9.7	56.0	4.1	6.1	72.2	89.2
12.9	11.8	64.5	5.3	7.6	78.2	89.0
15.0	14.1	72.9	6.6	9.2	81.4	88.7
17.4	16.9	81.6	8.7	11.6	87.2	88.8
20.1	20.5	90.1	11.8	14.9	91.5	88.9
23.3	24.8	96.9	16.1	19.3	95.6	89.2
27.0	29.4	99.8	21.8	24.9	98.7	90.3
31.3	35.9	100.0	29.9	32.7	99.9	91.4
36.3	46.1	100.0	42.1	44.4	100.0	93.1
42.1	59.7	100.0	57.5	59.2	100.0	94.8
48.8	73.7	100.0	73.1	74.2	100.0	97.8
56.6	85.6	100.0	85.9	86.5	100.0	102.1
65.6	93.3	100.0	94.1	94.3	100.0	113.6
76.0	97.6	100.0	98.4	98.5	100.0	150.0
88.1	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	38.0	10.1	39.3
D(V,0.9) =	61.0	20.1	60.3
D(V,0.1) =	11.4	4.2	18.6
D(4,3) =	35.9	11.0	35.3
D(3,2) =	21.3	8.0	12.9
SPAN =	1.3	1.6	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 22.11 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 22.05 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .27 %

TESTE NUMERO: 66

Q ALIM.= $5.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $5.49 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.049      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.955  
 FRAC ALIM= .075      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .782  
 EFICIENCIA GLOBAL = 95.4 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.2	.3	.3	94.8	100.0
2.6	.7	.9	.7	.7	81.8	100.0
3.0	1.1	2.1	.9	1.0	77.9	83.3
3.4	1.7	3.8	1.2	1.3	62.4	80.8
4.0	2.3	7.2	1.4	1.7	50.8	84.5
4.6	3.0	11.8	1.6	2.1	51.6	86.3
5.3	3.8	16.0	1.9	2.6	54.4	86.5
6.2	4.7	19.9	2.1	2.9	52.2	85.4
7.2	5.7	25.3	2.4	3.5	48.8	85.6
8.3	7.1	32.9	2.7	4.1	47.4	85.4
9.6	8.9	42.4	3.2	5.0	56.3	85.5
11.1	10.9	52.0	4.1	6.3	68.5	85.8
12.9	13.4	61.5	5.3	7.9	73.4	85.6
15.0	16.1	70.6	6.6	9.6	77.9	85.2
17.4	19.1	79.1	8.7	12.0	85.9	85.2
20.1	23.0	86.8	11.9	15.4	91.2	85.2
23.3	27.8	93.4	16.7	20.2	95.1	85.5
27.0	33.2	97.6	23.3	26.7	97.8	86.7
31.3	40.7	99.6	32.5	35.6	99.3	87.8
36.3	51.9	99.9	45.3	47.8	99.9	87.9
42.1	66.2	99.9	60.7	62.5	100.0	86.0
48.8	80.5	100.0	75.8	76.9	100.0	80.6
56.6	91.9	100.0	88.0	88.6	100.0	67.5
65.6	98.4	100.0	95.5	95.7	100.0	35.6
76.0	100.0	100.0	99.3	99.3	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	35.5	10.8	38.0
D(V,0.9) =	55.0	21.5	58.4
D(V,0.1) =	10.4	4.3	18.6
D(4,3) =	31.7	12.2	35.6
D(3,2) =	14.2	8.6	17.1
SPAN =	1.3	1.6	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 33.86 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 33.76 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .29 %

TESTE NUMERO: 81

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.050      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.967  
 FRAC ALIM= .076      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .787  
 EFICIENCIA GLOBAL = 95.8 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.1	.4	.4	98.4	66.7
2.6	.7	.3	.8	.8	94.8	80.0
3.0	1.1	1.1	1.2	1.2	86.0	.0
3.4	1.7	2.6	1.5	1.5	77.3	81.8
4.0	2.3	6.2	1.9	2.1	63.4	90.7
4.6	3.1	11.1	2.2	2.6	55.2	89.9
5.3	3.9	15.1	2.4	2.9	58.4	88.2
6.2	4.9	18.3	2.7	3.4	56.2	85.9
7.2	6.0	22.8	2.9	3.7	49.3	84.4
8.3	7.5	30.3	3.2	4.3	47.1	84.1
9.6	9.4	40.9	3.6	5.2	51.0	84.5
11.1	11.8	51.2	4.4	6.4	67.9	84.2
12.9	14.7	60.4	5.6	7.9	76.0	83.4
15.0	17.7	69.1	6.9	9.5	80.0	82.6
17.4	21.1	78.0	9.1	12.0	86.4	82.6
20.1	25.1	87.5	12.4	15.6	90.5	83.1
23.3	30.2	95.5	17.2	20.5	95.0	83.4
27.0	36.4	99.3	23.5	26.7	98.3	83.0
31.3	44.4	100.0	32.5	35.3	99.8	82.4
36.3	55.5	100.0	45.3	47.6	100.0	81.4
42.1	68.8	100.0	61.0	62.6	100.0	80.0
48.8	81.8	100.0	76.7	77.7	100.0	78.1
56.6	92.0	100.0	89.2	89.7	100.0	74.1
65.6	98.0	100.0	96.6	96.7	100.0	58.8
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	33.9	10.9	38.0
D(V,0.9) =	54.7	20.9	57.3
D(V,0.1) =	10.0	4.4	18.2
D(4,3) =	29.4	11.7	37.8
D(3,2) =	10.8	8.6	26.0
SPAN =	1.3	1.5	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 11.35 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 11.33 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .26 %

TESTE NUMERO: 82

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.63 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.051      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.951  
 FRAC ALIM= .078      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .780  
 EFICIENCIA GLOBAL = 94.8 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.1	.4	.4	97.3	66.7
2.6	.7	.4	.8	.8	87.4	75.0
3.0	1.2	1.6	1.1	1.1	82.3	80.0
3.4	1.7	3.1	1.5	1.6	71.8	87.5
4.0	2.4	6.0	1.8	2.0	63.4	85.7
4.6	3.1	9.4	2.1	2.5	54.7	86.3
5.3	4.0	12.9	2.3	2.9	49.9	84.0
6.2	5.0	16.7	2.5	3.2	44.6	82.4
7.2	6.1	21.9	2.7	3.7	37.9	82.3
8.3	7.7	28.6	2.9	4.2	38.4	81.3
9.6	9.6	36.7	3.3	5.0	50.3	81.1
11.1	12.0	45.4	3.9	6.1	58.2	80.5
12.9	14.9	55.1	4.8	7.4	63.6	79.9
15.0	18.0	65.1	5.8	8.9	68.6	79.4
17.4	21.3	74.5	7.6	11.1	80.9	79.5
20.1	25.5	82.6	10.5	14.3	88.7	79.2
23.3	30.7	89.5	14.8	18.7	93.2	78.7
27.0	37.1	94.9	20.6	24.5	96.2	77.8
31.3	45.4	98.3	29.2	32.8	98.6	76.6
36.3	56.6	99.0	41.8	44.8	99.8	74.1
42.1	69.9	99.4	57.5	59.7	99.9	70.4
48.8	82.9	99.8	73.4	74.8	99.9	64.0
56.6	93.0	100.0	86.3	87.0	100.0	51.1
65.6	98.7	100.0	94.5	94.8	100.0	23.6
76.0	100.0	100.0	98.7	98.8	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	33.4	11.9	39.3
D(V,0.9) =	53.8	23.6	59.9
D(V,0.1) =	9.9	4.7	19.7
D(4,3) =	29.2	13.4	39.6
D(3,2) =	13.3	9.3	27.4
SPAN =	1.3	1.6	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 23.16 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 23.09 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .33 %

TESTE NUMERO: 83

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.57 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.053      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.961  
 FRAC ALIM= .080      FRAC EFLU= .006      FRAC DESC= .784  
 EFICIENCIA GLOBAL = 93.7 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.1	.4	.4	96.7	66.7
2.6	.7	.4	.8	.8	86.0	75.0
3.0	1.1	1.5	1.1	1.1	71.3	100.0
3.4	1.7	3.0	1.3	1.4	58.0	76.5
4.0	2.3	5.8	1.5	1.8	49.7	81.4
4.6	3.1	9.0	1.7	2.2	48.5	80.8
5.3	3.9	12.1	1.9	2.5	47.4	80.4
6.2	4.9	15.6	2.1	3.0	41.4	79.3
7.2	5.9	20.5	2.3	3.4	34.4	80.2
8.3	7.4	26.9	2.5	4.0	33.6	79.9
9.6	9.3	34.5	2.8	4.8	40.1	79.5
11.1	11.6	42.9	3.3	5.8	49.9	79.0
12.9	14.4	52.4	4.1	7.1	56.0	78.7
15.0	17.3	62.7	5.0	8.6	60.6	78.7
17.4	20.6	72.7	6.5	10.7	73.2	78.7
20.1	24.5	81.5	9.3	13.9	85.0	78.9
23.3	29.4	89.2	13.6	18.4	91.1	79.1
27.0	35.2	95.3	19.9	24.7	95.3	79.7
31.3	42.9	99.0	29.1	33.5	98.3	80.3
36.3	53.6	99.6	42.0	45.6	99.8	79.9
42.1	66.5	99.7	57.7	60.4	99.9	79.0
48.8	79.2	99.9	73.3	75.0	99.9	77.8
56.6	89.6	100.0	86.1	87.0	100.0	74.8
65.6	96.0	100.0	94.1	94.5	100.0	67.8
76.0	99.2	100.0	98.4	98.5	100.0	50.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	34.7	12.4	39.2
D(V,0.9) =	57.0	23.7	60.2
D(V,0.1) =	10.1	4.8	20.7
D(4,3) =	32.9	13.6	37.4
D(3,2) =	19.3	9.6	25.7
SPAN =	1.4	1.5	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 23.57 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 23.46 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .46 %



TESTE NUMERO: 84

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.051      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.977  
 FRAC ALIM= .078      FRAC EFLU= .003      FRAC DESC= .791  
 EFICIENCIA GLOBAL = 96.5 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.3	.4	.4	97.2	.0
2.6	.7	.8	1.0	1.0	90.5	-50.0
3.0	1.2	2.5	1.4	1.4	83.9	118.2
3.4	1.8	5.0	1.8	1.9	79.3	100.0
4.0	2.4	8.2	2.2	2.4	75.0	96.7
4.6	3.2	12.3	2.6	2.9	70.4	93.8
5.3	4.1	17.4	3.0	3.5	65.5	92.4
6.2	5.0	23.8	3.4	4.1	60.0	92.2
7.2	6.1	32.0	3.8	4.8	60.6	91.8
8.3	7.6	41.1	4.5	5.8	70.5	91.5
9.6	9.5	50.3	5.5	7.1	76.0	91.1
11.1	11.8	59.8	6.7	8.6	79.2	90.4
12.9	14.6	71.2	8.6	10.8	82.2	90.4
15.0	17.6	84.1	10.8	13.4	84.4	90.7
17.4	20.9	94.8	13.4	16.3	90.3	90.8
20.1	24.8	99.4	17.1	20.0	97.2	90.6
23.3	29.6	100.0	22.4	25.1	99.8	90.7
27.0	35.2	100.0	29.8	32.3	100.0	92.3
31.3	42.8	100.0	39.9	42.0	100.0	95.2
36.3	53.5	100.0	53.6	55.2	100.0	100.2
42.1	66.6	100.0	69.8	70.9	100.0	110.6
48.8	79.7	100.0	85.3	85.8	100.0	138.1
56.6	90.2	100.0	96.8	96.9	100.0	306.3
65.6	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	34.8	9.6	35.0
D(V,0.9) =	56.4	16.2	51.4
D(V,0.1) =	10.0	4.3	14.2
D(4,3) =	30.1	10.0	32.9
D(3,2) =	10.9	7.7	21.6
SPAN =	1.3	1.2	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 23.32 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 23.27 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .20 %

TESTE NUMERO: 86

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.058      DENS EFLU= 1.002      DENS DESC= 1.987  
 FRAC ALIM= .087      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .795  
 EFICIENCIA GLOBAL = 96.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.3	.2	.2	94.8	.0
2.6	.7	.9	.7	.7	90.8	100.0
3.0	1.2	2.9	1.2	1.3	83.1	100.0
3.4	1.8	6.1	1.7	1.9	78.9	97.7
4.0	2.6	10.5	2.3	2.6	76.1	96.3
4.6	3.4	15.7	2.9	3.4	73.3	96.1
5.3	4.3	20.6	3.4	4.0	74.2	94.8
6.2	5.3	25.9	4.1	4.9	75.3	94.5
7.2	6.5	34.4	5.0	6.1	71.7	94.9
8.3	8.2	45.2	6.0	7.5	73.7	94.4
9.6	10.6	56.2	7.8	9.6	83.6	94.2
11.1	13.7	65.6	10.7	12.8	89.7	94.5
12.9	17.3	74.5	14.2	16.5	90.5	94.9
15.0	20.8	84.0	17.6	20.1	90.4	95.2
17.4	24.5	92.7	20.9	23.6	92.7	95.0
20.1	29.4	98.0	25.3	28.0	96.7	94.4
23.3	37.0	99.9	33.3	35.8	99.4	94.4
27.0	48.1	100.0	46.6	48.6	100.0	97.2
31.3	61.4	100.0	62.9	64.3	100.0	104.0
36.3	75.3	100.0	78.2	79.0	100.0	113.3
42.1	87.5	100.0	90.1	90.5	100.0	126.3
48.8	96.1	100.0	97.6	97.7	100.0	162.5
56.6	99.0	100.0	99.8	99.8	100.0	500.0
65.6	99.0	100.0	99.8	99.8	100.0	500.0
76.0	99.3	100.0	99.8	99.8	100.0	350.0
88.1	99.6	100.0	99.9	99.9	100.0	400.0
102.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	27.6	8.8	27.8
D(V,0.9) =	43.6	16.5	41.9
D(V,0.1) =	9.3	3.9	10.7
D(4,3) =	27.5	9.7	27.2
D(3,2) =	17.6	7.3	18.6
SPAN =	1.2	1.4	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 13.05 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 13.02 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .21 %

TESTE NUMERO: 87

Q ALIM.= $5.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.056      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.950  
 FRAC ALIM= .085      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .780  
 EFICIENCIA GLOBAL = 95.5 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.2	.2	.3	.3	97.3	.0
2.6	.6	.4	.7	.7	86.6	66.7
3.0	1.1	2.0	1.0	1.0	78.0	90.0
3.4	1.8	4.7	1.4	1.5	74.4	87.9
4.0	2.6	7.8	1.8	2.1	67.9	86.7
4.6	3.5	11.3	2.1	2.5	65.6	84.8
5.3	4.5	15.4	2.5	3.1	63.5	84.5
6.2	5.6	21.0	2.9	3.7	58.3	85.1
7.2	6.9	29.2	3.4	4.6	56.4	86.4
8.3	8.8	38.9	4.0	5.6	61.3	86.2
9.6	11.4	48.0	5.2	7.1	76.7	85.5
11.1	14.7	56.7	7.1	9.3	82.6	84.7
12.9	18.7	67.0	9.5	12.1	81.2	84.0
15.0	22.4	80.7	12.0	15.1	81.1	84.9
17.4	26.3	93.5	15.0	18.6	87.3	85.6
20.1	31.1	99.2	19.7	23.3	96.3	85.7
23.3	38.9	100.0	27.9	31.2	99.7	84.7
27.0	50.8	100.0	40.8	43.5	100.0	83.1
31.3	65.0	100.0	56.1	58.1	100.0	79.7
36.3	78.8	100.0	70.6	71.9	100.0	72.1
42.1	90.1	100.0	82.3	83.1	100.0	55.9
48.8	97.5	100.0	91.2	91.6	100.0	28.4
56.6	99.7	100.0	97.1	97.2	100.0	10.3
65.6	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.7	9.9	29.5
D(V,0.9) =	42.0	16.6	47.7
D(V,0.1) =	8.9	4.4	13.3
D(4,3) =	26.4	10.1	28.1
D(3,2) =	16.9	7.8	14.6
SPAN =	1.2	1.2	1.2

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 38.71 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 38.61 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .24 %

TESTE NUMERO: 88

Q ALIM.=1.95 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=3.67 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.055      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.980  
 FRAC ALIM= .084      FRAC EFLU= .004      FRAC DESC= .792  
 EFICIENCIA GLOBAL = 95.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.2	.3	.3	97.1	100.0
2.6	.8	.5	.8	.8	91.5	100.0
3.0	1.2	2.2	1.3	1.3	83.7	111.1
3.4	1.9	4.7	1.8	1.9	77.9	96.6
4.0	2.6	8.3	2.3	2.6	72.2	95.0
4.6	3.5	13.0	2.8	3.3	69.6	93.1
5.3	4.5	17.7	3.3	3.9	68.7	91.7
6.2	5.7	22.8	3.8	4.6	67.3	90.0
7.2	7.0	30.4	4.5	5.6	63.1	90.3
8.3	9.0	40.4	5.2	6.8	64.1	89.2
9.6	11.6	51.4	6.7	8.7	77.6	89.0
11.1	14.8	61.9	9.1	11.4	84.9	89.2
12.9	18.6	71.9	12.3	14.9	87.1	89.4
15.0	22.2	82.0	15.4	18.4	87.8	89.8
17.4	26.0	90.9	18.7	21.9	91.0	89.9
20.1	31.0	97.0	23.3	26.6	95.7	89.6
23.3	38.4	99.7	31.6	34.6	99.1	90.0
27.0	48.5	99.8	45.0	47.4	100.0	93.6
31.3	60.3	99.9	61.4	63.1	100.0	102.9
36.3	72.0	100.0	77.0	78.0	100.0	121.7
42.1	82.3	100.0	89.4	89.9	100.0	167.0
48.8	90.5	100.0	97.3	97.4	100.0	351.9
56.6	96.4	100.0	99.7	99.7	100.0	*****
65.6	99.6	100.0	99.7	99.7	100.0	133.3
76.0	100.0	100.0	99.7	99.7	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	27.5	9.4	28.2
D(V,0.9) =	48.3	17.1	42.4
D(V,0.1) =	8.8	4.2	11.5
D(4,3) =	27.0	10.2	28.2
D(3,2) =	16.7	7.8	19.3
SPAN =	1.4	1.4	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 12.51 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 12.48 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .26 %

TESTE NUMERO: 89

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 3200 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.055      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.998  
 FRAC ALIM= .083      FRAC EFLU= .005      FRAC DESC= .799  
 EFICIENCIA GLOBAL = 94.7 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.2	.1	.3	.3	97.9	50.0
2.6	.7	.4	.9	.9	91.0	60.0
3.0	1.2	1.8	1.4	1.4	81.6	150.0
3.4	1.9	4.4	1.9	2.0	71.1	100.0
4.0	2.8	9.0	2.4	2.8	66.6	93.9
4.6	3.7	13.3	2.9	3.5	63.2	92.3
5.3	4.8	16.7	3.2	3.9	62.7	88.1
6.2	6.0	20.5	3.6	4.5	62.6	85.8
7.2	7.3	27.8	4.2	5.5	55.0	86.9
8.3	9.3	37.9	4.8	6.6	55.3	86.4
9.6	12.1	48.6	5.9	8.2	69.2	85.5
11.1	15.6	57.8	8.0	10.7	81.9	84.7
12.9	19.7	66.7	10.7	13.7	83.1	83.9
15.0	23.5	77.7	13.5	16.9	82.1	84.4
17.4	27.3	89.1	16.5	20.4	85.6	85.1
20.1	32.1	96.8	20.9	25.0	93.3	85.2
23.3	39.8	99.9	29.2	33.0	98.7	85.0
27.0	51.4	99.9	43.6	46.6	100.0	86.1
31.3	65.4	100.0	61.1	63.2	100.0	88.9
36.3	79.0	100.0	77.5	78.7	100.0	93.3
42.1	90.1	100.0	89.9	90.4	100.0	98.0
48.8	97.4	100.0	97.5	97.6	100.0	104.0
56.6	99.7	100.0	99.8	99.8	100.0	150.0
65.6	99.7	100.0	99.8	99.8	100.0	150.0
76.0	99.7	100.0	99.8	99.8	100.0	150.0
88.1	99.8	100.0	99.9	99.9	100.0	200.0
102.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.5	9.8	28.5
D(V,0.9) =	41.9	17.6	42.1
D(V,0.1) =	8.6	4.1	12.3
D(4,3) =	26.2	10.6	28.5
D(3,2) =	16.5	8.0	19.8
SPAN =	1.3	1.4	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 24.38 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 24.31 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .25 %

TESTE NUMERO: 90

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.052      DENS EFLU= 1.005      DENS DESC= 1.968  
 FRAC ALIM= .079      FRAC EFLU= .007      FRAC DESC= .787  
 EFICIENCIA GLOBAL = 91.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.2	.1	.4	.4	97.5	33.3
2.6	.7	.3	1.0	.9	86.9	57.1
3.0	1.2	1.3	1.4	1.4	75.0	*****
3.4	1.9	3.2	1.8	1.9	59.2	92.9
4.0	2.9	7.3	2.2	2.6	45.2	86.3
4.6	4.0	11.9	2.5	3.3	39.1	84.0
5.3	5.2	15.5	2.7	3.8	41.9	80.5
6.2	6.4	18.7	3.0	4.3	34.3	78.3
7.2	7.7	24.2	3.2	5.0	29.8	78.6
8.3	9.6	32.9	3.6	6.1	36.3	79.5
9.6	12.6	43.9	4.4	7.7	45.1	79.2
11.1	16.7	54.1	5.2	9.3	51.1	76.5
12.9	21.6	63.2	7.1	11.8	68.3	74.2
15.0	25.8	73.3	9.0	14.4	68.2	73.9
17.4	29.2	84.2	11.3	17.4	73.4	75.4
20.1	33.5	94.2	15.1	21.8	84.4	76.7
23.3	40.8	99.7	23.0	29.5	96.0	76.8
27.0	52.7	99.8	37.1	42.4	99.9	75.1
31.3	67.0	99.9	54.8	58.6	99.9	72.9
36.3	80.5	100.0	72.3	74.6	100.0	70.4
42.1	91.1	100.0	86.8	87.9	100.0	67.4
48.8	97.8	100.0	96.3	96.6	100.0	59.5
56.6	99.8	100.0	99.3	99.4	100.0	28.6
65.6	99.8	100.0	99.3	99.4	100.0	28.6
76.0	99.8	100.0	99.5	99.5	100.0	40.0
88.1	99.9	100.0	99.7	99.7	100.0	33.3
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5)	= 26.2	10.4	30.1
D(V,0.9)	= 41.3	18.8	43.8
D(V,0.1)	= 8.4	4.3	16.0
D(4,3)	= 25.3	11.3	30.4
D(3,2)	= 16.0	8.5	21.9
SPAN	= 1.3	1.4	.9

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 22.62 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 22.54 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .35 %

TESTE NUMERO: 91

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.058      DENS EFLU= 1.004      DENS DESC= 1.932  
 FRAC ALIM= .087      FRAC EFLU= .006      FRAC DESC= .772  
 EFICIENCIA GLOBAL = 94.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.4	.1	.4	.4	97.0	100.0
2.6	.9	.5	.9	.9	88.8	100.0
3.0	1.4	1.7	1.3	1.3	81.5	75.0
3.4	2.1	3.4	1.7	1.8	71.5	76.5
4.0	3.0	6.8	2.1	2.4	62.4	80.9
4.6	4.0	11.1	2.5	3.0	55.9	82.6
5.3	5.1	15.3	2.8	3.5	53.3	81.6
6.2	6.4	19.5	3.1	4.1	47.9	79.9
7.2	8.2	25.7	3.4	4.7	46.3	78.5
8.3	10.5	34.2	4.0	5.8	56.5	78.5
9.6	13.6	44.5	5.2	7.5	65.9	78.6
11.1	17.3	54.8	6.5	9.3	70.5	77.6
12.9	21.3	65.2	8.9	12.2	78.8	78.0
15.0	25.0	75.4	11.3	15.1	80.5	78.6
17.4	29.0	84.7	14.0	18.2	85.2	78.8
20.1	34.4	92.0	18.3	22.6	92.3	78.2
23.3	42.2	97.0	26.6	30.8	97.3	77.8
27.0	52.9	99.4	40.4	43.9	99.3	78.8
31.3	65.3	100.0	57.5	60.0	99.9	81.6
36.3	77.7	100.0	74.2	75.7	100.0	86.4
42.1	88.3	100.0	87.7	88.4	100.0	95.1
48.8	95.7	100.0	96.5	96.7	100.0	122.9
56.6	98.2	100.0	99.3	99.3	100.0	257.1
65.6	98.5	100.0	99.3	99.3	100.0	214.3
76.0	98.9	100.0	99.5	99.5	100.0	220.0
88.1	99.4	100.0	99.7	99.7	100.0	200.0
102.1	99.8	100.0	99.9	99.9	100.0	200.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.0	10.4	29.4
D(V,0.9) =	43.3	19.2	43.4
D(V,0.1) =	8.1	4.4	13.7
D(4,3) =	26.3	10.9	29.6
D(3,2) =	16.1	8.2	21.1
SPAN =	1.4	1.4	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 26.26 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 26.17 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .38 %

TESTE NUMERO: 92

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.053      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.938  
 FRAC ALIM= .081      FRAC EFLU= .005      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 94.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.4	.0	.3	.3	97.3	133.3
2.6	.9	.6	.8	.8	83.6	150.0
3.0	1.4	1.9	1.1	1.1	77.3	62.5
3.4	2.1	4.0	1.5	1.6	62.0	76.0
4.0	3.0	8.0	1.8	2.2	56.6	80.6
4.6	4.0	12.4	2.2	2.8	48.6	82.4
5.3	5.1	16.4	2.4	3.2	47.0	80.7
6.2	6.4	21.0	2.7	3.8	51.8	79.8
7.2	8.2	28.2	3.2	4.7	51.4	80.0
8.3	10.5	37.9	3.8	5.8	53.3	80.4
9.6	13.6	48.6	4.8	7.4	64.4	79.9
11.1	17.3	58.8	6.6	9.7	75.8	79.5
12.9	21.3	69.0	8.9	12.4	78.5	79.4
15.0	25.0	79.5	11.3	15.3	80.4	79.9
17.4	29.0	89.3	14.2	18.6	85.8	80.3
20.1	34.4	96.3	18.8	23.3	93.5	79.9
23.3	42.2	99.6	27.2	31.4	98.5	79.3
27.0	52.9	99.8	40.7	44.2	99.9	79.4
31.3	65.3	99.9	56.8	59.3	100.0	80.3
36.3	77.7	100.0	71.8	73.4	100.0	79.1
42.1	88.3	100.0	83.7	84.7	100.0	71.8
48.8	95.7	100.0	92.4	92.8	100.0	56.6
56.6	98.2	100.0	98.1	98.2	100.0	94.7
65.6	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.0	9.8	29.4
D(V,0.9) =	43.3	17.6	46.6
D(V,0.1) =	8.1	4.3	13.8
D(4,3) =	26.3	10.6	29.0
D(3,2) =	16.1	7.8	20.6
SPAN =	1.4	1.4	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 24.31 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 24.23 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .32 %



TESTE NUMERO: 93

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.053      DENS EFLU= 1.004      DENS DESC= 1.957  
 FRAC ALIM= .081      FRAC EFLU= .007      FRAC DESC= .783  
 EFICIENCIA GLOBAL = 92.3 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.4	.2	.5	.5	96.0	66.7
2.6	.9	.5	1.0	1.0	83.7	80.0
3.0	1.4	2.0	1.4	1.4	67.5	100.0
3.4	2.1	4.2	1.7	1.9	58.1	84.0
4.0	3.0	7.2	2.0	2.4	51.5	80.8
4.6	4.0	11.0	2.3	3.0	38.2	80.5
5.3	5.1	15.8	2.5	3.5	30.6	80.5
6.2	6.4	21.9	2.7	4.2	29.7	80.7
7.2	8.2	29.6	3.0	5.0	34.7	80.5
8.3	10.5	38.4	3.5	6.2	44.5	79.9
9.6	13.6	47.8	4.4	7.7	54.6	78.8
11.1	17.3	58.2	5.5	9.5	59.5	77.6
12.9	21.3	70.7	7.7	12.5	67.2	78.4
15.0	25.0	84.1	9.9	15.6	70.0	79.6
17.4	29.0	94.7	12.5	18.8	80.3	79.9
20.1	34.4	99.3	16.9	23.2	94.4	78.8
23.3	42.2	100.0	25.5	31.2	99.6	77.6
27.0	52.9	100.0	39.7	44.3	100.0	78.1
31.3	65.3	100.0	57.3	60.6	100.0	81.3
36.3	77.7	100.0	74.1	76.1	100.0	86.1
42.1	88.3	100.0	87.7	88.6	100.0	95.1
48.8	95.7	100.0	96.4	96.7	100.0	119.4
56.6	98.2	100.0	99.2	99.3	100.0	225.0
65.6	98.5	100.0	99.2	99.3	100.0	187.5
76.0	98.9	100.0	99.4	99.4	100.0	183.3
88.1	99.4	100.0	99.7	99.7	100.0	200.0
102.1	99.8	100.0	99.9	99.9	100.0	200.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.0	9.9	29.5
D(V,0.9) =	43.3	16.2	43.5
D(V,0.1) =	8.1	4.4	15.1
D(4,3) =	26.3	10.2	29.9
D(3,2) =	16.1	8.0	21.8
SPAN =	1.4	1.2	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 23.52 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 23.43 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .36 %

TESTE NUMERO: 94

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm  
 DENS ALIM= 1.050  
 FRAC ALIM= .076  
 EFICIENCIA GLOBAL = 89.9 %

Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS EFLU= 1.005  
 FRAC EFLU= .008  
 DENS DESC= 1.907  
 FRAC DESC= .761

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.1	.5	.5	96.7	50.0
2.6	.8	.3	1.0	.9	70.6	71.4
3.0	1.3	2.0	1.3	1.4	46.1	100.0
3.4	2.1	4.7	1.5	1.8	41.3	81.3
4.0	3.0	8.1	1.8	2.4	37.1	81.0
4.6	4.2	11.6	2.0	3.0	34.7	77.1
5.3	5.5	14.8	2.2	3.5	21.4	73.8
6.2	6.8	18.9	2.3	4.0	18.4	72.9
7.2	8.3	26.1	2.5	4.9	20.6	75.4
8.3	10.4	35.6	2.8	6.1	25.1	76.8
9.6	13.6	45.2	3.4	7.6	36.8	75.6
11.1	17.9	53.9	4.0	9.0	42.0	72.1
12.9	22.8	63.5	5.3	11.2	51.4	69.9
15.0	26.9	75.7	6.6	13.6	51.8	70.6
17.4	30.3	88.3	8.5	16.6	63.4	72.7
20.1	34.7	96.5	11.9	20.5	83.1	73.0
23.3	41.8	99.9	19.5	27.6	96.9	72.3
27.0	52.9	99.9	33.1	39.9	100.0	70.4
31.3	66.3	100.0	50.1	55.1	100.0	67.5
36.3	79.3	100.0	66.5	69.9	100.0	61.8
42.1	90.0	100.0	80.1	82.1	100.0	50.3
48.8	97.1	100.0	90.3	91.3	100.0	29.9
56.6	99.4	100.0	97.2	97.5	100.0	21.4
65.6	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.1	10.4	31.3
D(V,0.9) =	42.1	17.8	48.5
D(V,0.1) =	8.1	4.3	18.8
D(4,3) =	25.7	11.0	30.1
D(3,2) =	15.8	8.3	15.8
SPAN =	1.3	1.3	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 22.03 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 21.95 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .36 %

TESTE NUMERO: 95

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.052      DENS EFLU= 1.004      DENS DESC= 1.951  
 FRAC ALIM= .079      FRAC EFLU= .007      FRAC DESC= .780  
 EFICIENCIA GLOBAL = 92.0 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.2	.4	.4	94.8	50.0
2.6	.8	.7	1.0	1.0	76.1	33.3
3.0	1.3	2.2	1.3	1.4	68.8	100.0
3.4	2.0	4.4	1.7	1.9	58.7	88.9
4.0	3.0	7.4	2.0	2.4	50.4	81.5
4.6	4.2	11.2	2.3	3.0	44.2	78.7
5.3	5.4	16.1	2.6	3.7	31.9	79.3
6.2	6.7	22.1	2.8	4.3	29.0	79.8
7.2	8.1	29.7	3.1	5.2	32.5	81.2
8.3	10.2	38.5	3.5	6.3	38.4	80.9
9.6	13.5	47.8	4.4	7.9	52.8	79.0
11.1	17.7	58.0	5.4	9.6	56.3	76.6
12.9	22.6	70.3	7.3	12.3	63.8	75.7
15.0	26.6	83.5	9.3	15.2	67.1	76.7
17.4	30.0	94.2	11.7	18.3	78.0	77.8
20.1	34.4	99.1	15.6	22.3	92.9	77.5
23.3	41.9	100.0	23.4	29.5	99.4	75.8
27.0	53.7	100.0	36.5	41.6	100.0	72.9
31.3	67.8	100.0	52.6	56.4	100.0	67.9
36.3	81.1	100.0	68.1	70.7	100.0	59.2
42.1	91.4	100.0	81.0	82.5	100.0	45.3
48.8	97.8	100.0	90.9	91.6	100.0	24.2
56.6	99.8	100.0	97.5	97.7	100.0	8.0
65.6	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	25.9	9.9	30.6
D(V,0.9) =	41.1	16.3	48.0
D(V,0.1) =	8.1	4.4	15.8
D(4,3) =	25.3	10.2	29.2
D(3,2) =	15.8	8.0	15.0
SPAN =	1.3	1.2	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 23.05 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 22.98 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .31 %

TESTE NUMERO: 96

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.053      DENS EFLU= 1.003      DENS DESC= 1.954  
 FRAC ALIM= .080      FRAC EFLU= .006      FRAC DESC= .781  
 EFICIENCIA GLOBAL = 93.7 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.2	.4	.4	95.9	50.0
2.6	.8	.6	.9	.9	75.2	66.7
3.0	1.3	2.8	1.2	1.3	66.7	93.8
3.4	2.0	5.8	1.6	1.9	60.0	90.5
4.0	3.0	9.3	1.9	2.4	54.9	85.1
4.6	4.2	13.1	2.2	2.9	46.0	81.7
5.3	5.4	17.2	2.4	3.3	42.8	79.7
6.2	6.7	22.8	2.7	4.0	37.5	80.1
7.2	8.1	32.0	3.0	4.8	35.9	82.4
8.3	10.2	42.9	3.6	6.1	49.9	83.2
9.6	13.5	52.7	4.7	7.7	64.3	81.7
11.1	17.7	61.7	5.9	9.4	69.4	78.9
12.9	22.6	72.1	8.1	12.1	74.1	77.3
15.0	26.6	84.5	10.3	15.0	75.1	78.0
17.4	30.0	95.3	13.0	18.2	83.9	79.3
20.1	34.4	99.7	17.2	22.4	95.5	79.2
23.3	41.9	100.0	25.2	29.9	99.8	77.7
27.0	53.7	100.0	38.0	41.9	100.0	74.7
31.3	67.8	100.0	53.6	56.5	100.0	69.4
36.3	81.1	100.0	68.4	70.4	100.0	59.8
42.1	91.4	100.0	80.8	82.0	100.0	44.8
48.8	97.8	100.0	90.2	90.8	100.0	22.4
56.6	99.8	100.0	96.6	96.8	100.0	5.9
65.6	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	25.9	9.2	30.3
D(V,0.9) =	41.1	16.0	48.6
D(V,0.1) =	8.1	4.1	14.7
D(4,3) =	25.3	9.5	29.1
D(3,2) =	15.8	7.4	20.2
SPAN =	1.3	1.3	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 11.79 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 11.76 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .26 %

TESTE NUMERO: 97

Q ALIM.= $4.86 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.051      DENS EFLU= 1.005      DENS DESC= 1.963  
 FRAC ALIM= .078      FRAC EFLU= .008      FRAC DESC= .785  
 EFICIENCIA GLOBAL = 91.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.4	.3	.4	.4	92.2	100.0
2.6	.9	.8	.9	.9	74.4	100.0
3.0	1.5	2.3	1.2	1.3	62.9	72.7
3.4	2.2	4.4	1.5	1.8	55.5	75.9
4.0	3.2	7.2	1.8	2.3	48.1	74.1
4.6	4.2	11.0	2.1	2.9	34.0	76.4
5.3	5.4	15.9	2.3	3.5	27.2	77.2
6.2	6.7	21.9	2.5	4.2	23.1	78.4
7.2	8.4	29.5	2.7	5.1	24.1	78.7
8.3	10.8	38.0	3.2	6.3	40.6	78.2
9.6	13.9	47.2	4.0	7.9	48.5	77.1
11.1	17.5	57.2	5.0	9.7	53.2	76.1
12.9	21.6	69.5	6.7	12.3	58.0	76.3
15.0	25.3	83.0	8.5	15.2	62.1	77.4
17.4	29.2	94.1	11.0	18.4	75.9	78.1
20.1	34.1	99.1	15.3	22.8	92.6	77.6
23.3	41.5	100.0	23.9	30.7	99.4	76.9
27.0	52.0	100.0	38.3	43.8	100.0	77.8
31.3	64.5	100.0	55.7	59.7	100.0	80.1
36.3	77.1	100.0	71.7	74.2	100.0	80.9
42.1	88.1	100.0	84.1	85.5	100.0	74.8
48.8	95.7	100.0	92.9	93.5	100.0	60.6
56.6	98.4	100.0	98.5	98.6	100.0	106.7
65.6	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	26.3	10.0	29.8
D(V,0.9) =	43.4	16.4	46.2
D(V,0.1) =	7.9	4.4	16.6
D(4,3) =	26.4	10.3	30.6
D(3,2) =	16.0	8.0	22.7
SPAN =	1.3	1.2	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 27.78 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 27.67 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .41 %

TESTE NUMERO: 98

Q ALIM.= $2.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.050      DENS EFLU= 1.004      DENS DESC= 1.948  
 FRAC ALIM= .076      FRAC EFLU= .007      FRAC DESC= .779  
 EFICIENCIA GLOBAL = 92.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.3	.4	.4	94.3	.0
2.6	.9	.7	1.0	1.0	75.7	66.7
3.0	1.6	2.3	1.3	1.4	56.6	70.0
3.4	2.4	4.6	1.5	1.7	51.9	71.0
4.0	3.4	7.6	1.8	2.3	49.5	72.4
4.6	4.5	11.8	2.1	2.9	35.4	75.3
5.3	5.7	17.1	2.3	3.5	28.7	77.0
6.2	7.1	23.5	2.5	4.1	28.3	78.1
7.2	8.8	31.4	2.8	5.0	33.7	79.0
8.3	11.2	40.3	3.3	6.2	43.8	78.6
9.6	14.5	50.0	4.3	7.9	54.3	77.7
11.1	18.3	61.1	5.4	9.8	57.0	76.8
12.9	22.6	74.5	7.4	12.7	65.0	77.3
15.0	26.4	87.5	9.6	15.7	70.8	78.4
17.4	30.1	96.9	12.2	18.8	82.3	78.9
20.1	34.8	100.0	16.6	23.1	96.2	78.2
23.3	42.4	100.0	24.9	30.8	100.0	76.7
27.0	54.2	100.0	38.7	43.5	100.0	74.7
31.3	68.3	100.0	55.3	58.8	100.0	70.9
36.3	81.4	100.0	70.7	73.0	100.0	63.5
42.1	91.6	100.0	83.1	84.4	100.0	49.7
48.8	97.9	100.0	92.1	92.7	100.0	26.6
56.6	99.8	100.0	98.0	98.2	100.0	10.0
65.6	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	25.7	9.6	29.9
D(V,0.9) =	40.9	15.5	46.9
D(V,0.1) =	7.7	4.3	15.4
D(4,3) =	24.8	9.5	29.6
D(3,2) =	15.3	7.5	21.3
SPAN =	1.3	1.2	1.1

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 16.56 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 16.51 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .34 %

TESTE NUMERO: 99

Q ALIM.= $5.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.053      DENS EFLU= 1.005      DENS DESC= 1.967  
 FRAC ALIM= .081      FRAC EFLU= .008      FRAC DESC= .787  
 EFICIENCIA GLOBAL = 90.9 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	.3	.1	.4	.4	96.1	66.7
2.6	.9	.4	.9	.9	75.0	100.0
3.0	1.6	1.9	1.2	1.3	65.8	42.9
3.4	2.4	4.1	1.6	1.8	55.4	68.0
4.0	3.4	7.1	1.9	2.4	39.9	71.2
4.6	4.5	10.8	2.1	2.9	35.1	72.4
5.3	5.7	14.5	2.3	3.4	33.4	72.1
6.2	7.1	18.8	2.5	4.0	27.4	71.8
7.2	8.8	25.1	2.7	4.7	24.9	72.8
8.3	11.2	33.6	3.0	5.8	29.4	73.2
9.6	14.5	43.5	3.7	7.3	43.1	72.9
11.1	18.3	53.3	4.5	8.9	49.2	71.7
12.9	22.6	63.5	6.0	11.2	59.0	71.1
15.0	26.4	74.2	7.5	13.6	61.4	71.7
17.4	30.1	84.6	9.5	16.3	70.4	72.6
20.1	34.8	93.4	13.3	20.6	85.0	73.2
23.3	42.4	98.3	21.3	28.3	96.1	72.6
27.0	54.2	99.0	35.4	41.2	99.5	70.4
31.3	68.3	99.7	52.9	57.1	99.7	67.1
36.3	81.4	100.0	69.3	72.1	99.9	60.6
42.1	91.6	100.0	82.3	83.9	100.0	47.5
48.8	97.9	100.0	91.8	92.5	100.0	25.6
56.6	99.8	100.0	98.0	98.2	100.0	10.0
65.6	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	25.7	10.6	30.6
D(V,0.9) =	40.9	18.9	47.2
D(V,0.1) =	7.7	4.5	17.8
D(4,3) =	24.8	11.4	30.4
D(3,2) =	15.3	8.5	22.1
SPAN =	1.3	1.4	1.0

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 34.72 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 34.57 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .45 %

TESTE NUMERO: 100

Q ALIM.=1.95 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s      Q EFLU.=1.80 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.052      DENS EFLU= 1.009      DENS DESC= 1.933  
 FRAC ALIM= .079      FRAC EFLU= .014      FRAC DESC= .764  
 EFICIENCIA GLOBAL = 83.7 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	1.6	5.6	.7	1.5	38.6	81.6
2.6	3.7	13.4	1.6	3.5	37.8	82.2
3.0	4.8	18.4	2.2	4.8	38.3	84.0
3.4	6.2	24.2	2.9	6.4	37.4	84.5
4.0	8.3	31.4	3.7	8.2	37.7	83.4
4.6	10.8	39.3	4.7	10.3	38.0	82.4
5.3	13.6	48.2	5.7	12.6	39.2	81.4
6.2	16.8	58.1	7.2	15.5	46.6	81.1
7.2	20.3	68.5	9.3	18.9	54.0	81.4
8.3	24.4	78.4	12.0	22.8	62.5	81.3
9.6	29.2	86.8	15.6	27.2	73.2	80.9
11.1	34.9	92.8	20.1	31.9	83.1	79.6
12.9	41.7	96.7	25.7	37.2	90.7	77.5
15.0	47.8	98.8	31.8	42.7	95.6	76.1
17.4	53.3	99.6	38.6	48.5	98.6	75.9
20.1	58.7	99.8	46.1	54.8	99.5	76.5
23.3	65.9	100.0	54.5	61.9	99.8	74.9
27.0	75.7	100.0	63.4	69.3	100.0	66.4
31.3	86.0	100.0	72.6	77.1	100.0	51.1
36.3	93.5	100.0	81.8	84.8	100.0	35.7
42.1	97.4	100.0	90.1	91.7	100.0	26.3
48.8	98.7	100.0	96.0	96.7	100.0	32.5
56.6	99.0	100.0	98.1	98.4	100.0	52.6
65.6	99.3	100.0	98.4	98.7	100.0	43.7
76.0	99.5	100.0	98.9	99.1	100.0	45.5
88.1	99.8	100.0	99.4	99.5	100.0	33.3
102.1	99.9	100.0	99.8	99.8	100.0	50.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.9	5.5	21.6
D(V,0.9) =	33.5	10.3	42.0
D(V,0.1) =	4.4	2.4	7.5
D(4,3) =	18.5	6.1	23.8
D(3,2) =	10.0	4.6	14.2
SPAN =	1.8	1.4	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 10.70 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 10.57 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.24 %



TESTE NUMERO: 101

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.052      DENS EFLU= 1.012      DENS DESC= 1.963  
 FRAC ALIM= .078      FRAC EFLU= .018      FRAC DESC= .776  
 EFICIENCIA GLOBAL = 78.4 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.1	5.3	.7	1.7	30.7	69.6
2.6	4.0	12.5	1.5	3.9	28.7	77.3
3.0	5.2	17.0	2.0	5.2	27.6	78.7
3.4	6.6	22.0	2.5	6.7	26.2	79.0
4.0	8.9	28.3	3.1	8.6	26.5	77.0
4.6	11.6	35.0	3.8	10.6	27.8	75.0
5.3	14.5	42.4	4.6	12.8	29.8	73.8
6.2	17.7	50.7	5.7	15.4	32.8	73.3
7.2	21.4	60.2	7.0	18.5	36.6	72.9
8.3	25.6	70.2	9.2	22.4	47.6	73.1
9.6	30.4	79.6	12.1	26.7	57.2	72.9
11.1	35.8	87.4	16.0	31.4	69.0	72.3
12.9	42.1	93.3	21.2	36.8	79.8	71.0
15.0	48.2	97.3	27.3	42.4	88.7	70.1
17.4	54.0	99.0	34.5	48.5	95.9	69.8
20.1	59.8	99.5	42.7	55.0	98.6	69.9
23.3	66.9	99.9	52.2	62.5	99.3	69.2
27.0	75.6	100.0	62.2	70.4	99.9	64.6
31.3	84.7	100.0	71.9	78.0	100.0	54.4
36.3	92.1	100.0	80.6	84.8	100.0	40.7
42.1	96.8	100.0	87.6	90.3	100.0	25.8
48.8	99.3	100.0	93.0	94.5	100.0	10.0
56.6	100.0	100.0	96.7	97.4	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	98.9	99.1	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	15.7	6.1	22.5
D(V,0.9) =	34.6	11.8	44.8
D(V,0.1) =	4.2	2.4	8.7
D(4,3) =	18.1	6.7	23.7
D(3,2) =	9.7	4.9	15.0
SPAN =	1.9	1.5	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 9.81 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 9.66 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.60 %

TESTE NUMERO: 102

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.74 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.050      DENS EFLU= 1.015      DENS DESC= 1.955  
 FRAC ALIM= .075      FRAC EFLU= .024      FRAC DESC= .773  
 EFICIENCIA GLOBAL = 70.5 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.3	4.2	.5	1.6	21.0	51.4
2.6	5.1	10.2	1.1	3.8	19.6	56.0
3.0	6.1	14.1	1.5	5.2	18.6	63.5
3.4	7.6	18.6	1.9	6.8	17.7	65.9
4.0	10.0	24.1	2.4	8.8	17.4	65.0
4.6	13.0	30.0	2.9	10.9	17.5	62.7
5.3	16.3	36.4	3.5	13.2	18.7	61.1
6.2	20.0	43.5	4.2	15.8	20.4	59.8
7.2	24.0	51.7	5.2	18.9	23.2	59.6
8.3	28.4	60.8	6.4	22.4	26.0	59.6
9.6	33.5	70.5	8.1	26.5	33.3	59.3
11.1	39.3	79.6	10.8	31.1	45.4	58.6
12.9	46.1	87.9	14.6	36.2	57.0	57.0
15.0	52.6	94.4	19.5	41.6	70.9	55.8
17.4	58.4	97.8	25.6	46.9	86.5	54.6
20.1	63.9	98.9	33.1	52.5	95.0	53.2
23.3	70.8	99.8	42.3	59.2	97.5	50.4
27.0	80.3	100.0	52.5	66.5	99.6	41.5
31.3	90.3	100.0	63.1	74.0	100.0	26.3
36.3	97.1	100.0	73.4	81.2	100.0	10.9
42.1	99.8	100.0	82.6	87.7	100.0	1.1
48.8	100.0	100.0	90.1	93.0	100.0	.0
56.6	100.0	100.0	95.6	96.9	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	98.8	99.2	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	14.1	7.0	26.1
D(V,0.9) =	31.2	13.5	48.7
D(V,0.1) =	4.0	2.5	10.7
D(4,3) =	15.7	7.6	25.7
D(3,2) =	8.8	5.3	13.0
SPAN =	1.9	1.6	1.5

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 17.09 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 16.74 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.10 %

TESTE NUMERO: 103

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.82 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.049      DENS EFLU= 1.013      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .074      FRAC EFLU= .020      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 74.6 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.2	5.6	.6	1.9	22.7	68.0
2.6	5.0	13.4	1.3	4.4	20.3	69.4
3.0	6.0	18.1	1.7	5.9	20.7	73.8
3.4	7.5	23.4	2.2	7.6	22.5	75.0
4.0	9.9	30.0	2.9	9.8	23.3	74.2
4.6	12.9	36.9	3.6	12.1	24.2	72.1
5.3	16.1	44.4	4.5	14.6	26.9	70.9
6.2	19.7	52.7	5.6	17.6	29.2	70.1
7.2	23.7	61.9	7.0	21.0	34.0	69.6
8.3	28.2	71.4	9.2	25.0	43.5	69.5
9.6	33.1	80.5	12.1	29.5	52.8	69.3
11.1	38.5	87.9	15.9	34.2	64.3	68.6
12.9	44.7	93.9	20.8	39.4	75.3	67.3
15.0	50.7	97.7	26.6	44.7	86.4	66.1
17.4	56.4	99.3	33.2	50.0	95.0	64.9
20.1	61.9	99.7	40.8	55.8	98.5	64.2
23.3	68.3	100.0	49.6	62.4	99.4	62.9
27.0	76.2	100.0	59.1	69.5	100.0	58.2
31.3	84.5	100.0	68.8	76.7	100.0	49.7
36.3	91.5	100.0	77.9	83.5	100.0	38.5
42.1	96.4	100.0	85.8	89.4	100.0	25.4
48.8	99.2	100.0	92.1	94.1	100.0	10.1
56.6	99.9	100.0	96.6	97.5	100.0	2.9
65.6	99.9	100.0	99.2	99.4	100.0	12.5
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	14.7	5.9	23.5
D(V,0.9) =	34.9	11.6	46.2
D(V,0.1) =	4.0	2.4	8.7
D(4,3) =	17.6	6.6	24.5
D(3,2) =	9.2	4.7	15.4
SPAN =	2.1	1.6	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 17.80 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 17.48 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.83 %

TESTE NUMERO: 104

Q ALIM.=5.83 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s                      Q EFLU.=5.58 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2080 rpm                      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.050                      DENS EFLU= 1.016                      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .075                      FRAC EFLU= .026                      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 68.0 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.3	4.4	.5	1.7	18.4	53.8
2.6	5.0	10.6	1.1	4.1	17.1	58.9
3.0	6.0	14.7	1.5	5.7	16.2	65.9
3.4	7.4	19.4	1.9	7.5	16.4	68.6
4.0	9.7	25.1	2.5	9.7	16.2	68.1
4.6	12.5	31.2	3.0	12.0	16.7	66.3
5.3	15.6	37.6	3.8	14.6	21.2	65.1
6.2	19.2	44.6	4.7	17.5	21.4	63.7
7.2	23.2	52.4	5.7	20.7	24.0	62.5
8.3	27.8	60.7	7.4	24.5	32.7	61.7
9.6	32.8	69.1	9.7	28.7	39.8	61.1
11.1	38.0	77.0	12.7	33.3	48.0	60.7
12.9	43.9	84.4	16.7	38.4	57.4	59.8
15.0	50.1	90.4	21.5	43.6	67.1	58.5
17.4	56.1	94.9	27.2	48.9	77.3	57.3
20.1	61.8	97.8	34.1	54.5	87.4	56.5
23.3	68.3	99.2	42.4	60.6	95.1	54.4
27.0	76.0	99.6	51.7	67.0	98.3	49.3
31.3	84.1	99.9	61.5	73.8	99.0	41.1
36.3	91.1	100.0	71.1	80.4	99.8	30.8
42.1	96.1	100.0	79.9	86.3	100.0	19.4
48.8	99.1	100.0	87.4	91.4	100.0	7.1
56.6	99.9	100.0	93.2	95.4	100.0	1.5
65.6	99.9	100.0	96.8	97.8	100.0	3.1
76.0	99.9	100.0	98.9	99.3	100.0	9.1
88.1	100.0	100.0	99.8	99.9	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	14.9	6.9	26.3
D(V,0.9) =	35.3	14.8	51.8
D(V,0.1) =	4.0	2.5	9.8
D(4,3) =	17.8	8.0	29.0
D(3,2) =	9.3	5.3	17.8
SPAN =	2.1	1.8	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 24.68 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 24.14 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.26 %

TESTE NUMERO: 105

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.82 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.049      DENS EFLU= 1.009      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .074      FRAC EFLU= .015      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 81.9 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	2.3	1.0	1.2	58.5	-92.3
2.6	6.0	9.0	2.3	3.5	26.1	44.8
3.0	7.1	25.3	3.2	7.2	17.5	82.4
3.4	8.5	56.2	4.4	13.8	16.4	92.1
4.0	11.0	85.8	5.9	20.4	24.8	93.6
4.6	14.3	97.5	7.8	24.0	55.0	92.8
5.3	18.1	99.2	10.1	26.2	89.7	91.0
6.2	22.1	99.9	12.9	28.7	96.8	89.4
7.2	26.4	100.0	16.4	31.5	99.7	88.0
8.3	31.1	100.0	20.6	35.0	100.0	86.8
9.6	36.2	100.0	25.5	39.0	100.0	85.6
11.1	42.1	100.0	30.8	43.3	100.0	83.7
12.9	48.9	100.0	36.9	48.3	100.0	81.0
15.0	55.4	100.0	43.2	53.5	100.0	78.5
17.4	61.0	100.0	49.7	58.8	100.0	77.5
20.1	66.2	100.0	56.7	64.5	100.0	78.1
23.3	72.4	100.0	64.6	71.0	100.0	78.0
27.0	80.8	100.0	73.2	78.1	100.0	71.6
31.3	89.5	100.0	81.8	85.1	100.0	57.7
36.3	95.8	100.0	89.3	91.2	100.0	39.3
42.1	98.9	100.0	95.1	96.0	100.0	22.4
48.8	99.9	100.0	98.8	99.0	100.0	8.3
56.6	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5)	= 13.2	3.3	17.5
D(V,0.9)	= 31.6	4.1	36.8
D(V,0.1)	= 3.8	2.6	5.3
D(4,3)	= 15.3	3.4	19.5
D(3,2)	= 8.3	3.2	11.2
SPAN	= 2.1	.5	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 9.64 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 9.60 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .46 %

TESTE NUMERO: 106

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.74 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.048      DENS EFLU= 1.012      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .073      FRAC EFLU= .019      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 76.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	2.7	9.3	.9	2.9	21.7	78.6
2.6	6.5	21.2	1.8	6.4	22.4	75.8
3.0	8.8	27.8	2.5	8.5	26.3	75.1
3.4	11.5	35.3	3.4	11.0	25.8	74.6
4.0	14.7	44.3	4.3	13.8	26.9	74.0
4.6	18.2	53.1	5.6	16.9	34.1	73.5
5.3	22.0	61.8	7.2	20.2	39.2	72.9
6.2	26.1	70.5	9.2	23.8	45.2	72.4
7.2	30.8	79.0	11.8	27.8	53.3	71.7
8.3	36.0	86.6	15.3	32.3	63.7	71.0
9.6	41.5	92.4	19.4	36.8	73.6	69.7
11.1	47.1	96.4	24.2	41.4	83.2	68.3
12.9	53.3	98.8	29.9	46.3	92.3	66.0
15.0	59.6	99.4	36.0	51.1	97.3	62.8
17.4	65.8	99.9	42.7	56.3	98.6	59.6
20.1	72.1	100.0	50.0	61.9	99.8	55.8
23.3	78.8	100.0	58.2	68.2	100.0	50.7
27.0	85.8	100.0	66.6	74.6	100.0	42.5
31.3	92.2	100.0	74.9	80.9	100.0	31.1
36.3	96.7	100.0	82.6	86.7	100.0	19.0
42.1	99.0	100.0	89.1	91.7	100.0	9.2
48.8	99.9	100.0	94.3	95.7	100.0	1.8
56.6	100.0	100.0	98.0	98.5	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	11.9	4.4	20.1
D(V,0.9) =	29.6	9.0	43.0
D(V,0.1) =	3.2	2.2	6.5
D(4,3) =	14.5	5.1	21.6
D(3,2) =	7.6	3.9	12.7
SPAN =	2.2	1.6	1.8

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 17.85 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 17.56 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 1.70 %

TESTE NUMERO: 107

Q ALIM.= $5.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $5.68 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.049      DENS EFLU= 1.015      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .073      FRAC EFLU= .023      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 71.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.0	8.2	.9	3.0	20.6	71.2
2.6	7.1	18.6	1.9	6.7	19.9	68.9
3.0	9.3	24.4	2.5	8.8	20.8	68.9
3.4	11.8	30.8	3.2	11.1	22.3	68.8
4.0	14.9	38.7	4.2	14.1	25.5	69.0
4.6	18.3	46.4	5.4	17.2	28.5	68.5
5.3	21.9	54.2	6.7	20.4	31.2	68.0
6.2	25.9	62.3	8.4	23.9	36.8	67.5
7.2	30.4	70.5	10.7	27.9	43.5	67.1
8.3	35.4	78.6	13.6	32.3	50.6	66.5
9.6	40.6	85.8	17.3	37.0	60.2	66.0
11.1	46.0	91.3	21.6	41.6	70.3	65.0
12.9	51.8	95.4	27.0	46.7	80.4	63.7
15.0	57.7	98.0	33.0	51.7	88.8	62.0
17.4	63.6	99.2	39.6	56.7	95.3	59.7
20.1	69.8	99.6	47.0	62.1	98.2	56.7
23.3	76.6	99.9	55.5	68.3	99.1	52.5
27.0	83.7	100.0	64.5	74.7	99.8	45.9
31.3	90.3	100.0	73.6	81.2	100.0	36.7
36.3	95.3	100.0	81.9	87.1	100.0	26.0
42.1	98.3	100.0	89.1	92.2	100.0	15.6
48.8	99.7	100.0	94.8	96.3	100.0	5.8
56.6	100.0	100.0	98.6	99.0	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	12.3	4.9	21.2
D(V,0.9) =	31.0	10.7	43.0
D(V,0.1) =	3.1	2.2	6.9
D(4,3) =	15.1	5.9	22.2
D(3,2) =	7.7	4.2	13.2
SPAN =	2.3	1.7	1.7

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 25.24 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 24.74 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.02 %

TESTE NUMERO: 108

Q ALIM.= $3.89 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $3.73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2780 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 1  
 DENS ALIM= 1.047      DENS EFLU= 1.016      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .072      FRAC EFLU= .025      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 67.4 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.3	9.3	.8	3.6	15.2	70.6
2.6	7.7	21.1	1.8	8.1	16.2	69.4
3.0	10.0	27.1	2.4	10.5	17.4	69.2
3.4	12.7	33.8	3.1	13.1	18.6	68.7
4.0	16.0	42.0	4.1	16.5	20.7	68.6
4.6	19.3	50.3	5.2	19.9	21.3	68.7
5.3	22.8	58.8	6.3	23.4	23.4	68.6
6.2	26.8	67.7	8.0	27.5	30.7	68.5
7.2	31.2	76.6	10.3	31.9	38.2	68.5
8.3	36.0	84.7	13.4	36.7	48.9	68.3
9.6	41.2	91.1	17.5	41.5	62.2	67.8
11.1	46.4	95.5	22.5	46.3	75.1	67.3
12.9	52.0	98.2	28.6	51.3	87.5	66.4
15.0	57.7	99.1	35.5	56.3	94.8	65.1
17.4	63.5	99.8	42.9	61.5	97.1	63.8
20.1	69.6	100.0	51.0	67.0	99.4	62.0
23.3	76.1	100.0	60.0	73.1	100.0	59.8
27.0	82.9	100.0	69.1	79.2	100.0	55.3
31.3	89.2	100.0	77.8	85.0	100.0	48.6
36.3	94.2	100.0	85.9	90.5	100.0	41.1
42.1	97.6	100.0	92.5	94.9	100.0	32.0
48.8	99.4	100.0	97.0	98.0	100.0	20.0
56.6	99.9	100.0	98.6	99.1	100.0	7.1
65.6	99.9	100.0	98.9	99.3	100.0	9.1
76.0	99.9	100.0	99.2	99.5	100.0	12.5
88.1	100.0	100.0	99.6	99.7	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	12.2	4.6	19.8
D(V,0.9) =	32.0	9.4	39.6
D(V,0.1) =	2.9	2.2	7.0
D(4,3) =	15.3	5.3	22.1
D(3,2) =	7.5	4.0	13.3
SPAN =	2.4	1.6	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 15.56 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.21 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.30 %



TESTE NUMERO: 109

Q ALIM.= $1.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $1.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.048      DENS EFLU= 1.014      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .073      FRAC EFLU= .022      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 72.1 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.3	4.6	1.7	2.5	38.2	44.8
2.6	7.7	14.0	3.2	6.2	14.4	58.3
3.0	10.0	32.7	4.1	12.1	10.3	79.4
3.4	12.7	62.3	5.3	21.2	11.2	87.0
4.0	16.0	88.5	7.1	29.8	20.6	89.1
4.6	19.3	98.0	9.4	34.1	50.9	88.8
5.3	22.8	99.3	12.3	36.5	88.9	87.9
6.2	26.8	99.9	15.9	39.3	96.1	87.0
7.2	31.2	100.0	20.7	42.8	99.6	86.8
8.3	36.0	100.0	26.7	47.1	100.0	87.3
9.6	41.2	100.0	33.8	52.2	100.0	88.8
11.1	46.4	100.0	41.3	57.7	100.0	91.3
12.9	52.0	100.0	49.1	63.3	100.0	94.3
15.0	57.7	100.0	56.5	68.6	100.0	97.2
17.4	63.5	100.0	63.9	74.0	100.0	101.1
20.1	69.6	100.0	72.1	79.9	100.0	109.0
23.3	76.1	100.0	81.7	86.8	100.0	130.6
27.0	82.9	100.0	91.6	93.9	100.0	203.6
31.3	89.2	100.0	98.7	99.1	100.0	830.8
36.3	94.2	100.0	99.9	99.9	100.0	*****
42.1	97.6	100.0	99.9	99.9	100.0	*****
48.8	99.4	100.0	99.9	99.9	100.0	600.0
56.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
65.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
76.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5)	= 12.2	3.2	13.1
D(V,0.9)	= 32.0	4.0	26.3
D(V,0.1)	= 2.9	2.4	4.7
D(4,3)	= 15.3	3.2	14.6
D(3,2)	= 7.5	3.1	9.4
SPAN	= 2.4	.5	1.6

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 8.30 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 8.27 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = .41 %

TESTE NUMERO: 110

Q ALIM.= $2.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$       Q EFLU.= $2.81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.048      DENS EFLU= 1.016      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .072      FRAC EFLU= .025      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 68.2 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.5	10.6	1.0	4.1	16.8	74.0
2.6	8.1	24.0	2.2	9.1	16.9	72.9
3.0	10.6	31.1	2.9	11.9	18.9	72.7
3.4	13.5	39.0	3.9	15.1	21.4	72.6
4.0	17.1	48.4	5.1	18.9	23.4	72.3
4.6	20.8	57.4	6.6	22.8	29.0	72.0
5.3	24.7	65.9	8.6	26.8	35.9	71.9
6.2	28.8	74.2	11.1	31.2	42.4	71.9
7.2	33.3	81.9	14.3	35.8	51.0	71.9
8.3	38.2	88.5	18.4	40.7	61.5	71.8
9.6	43.3	93.5	23.3	45.6	72.3	71.5
11.1	48.3	96.8	28.8	50.4	82.1	71.3
12.9	53.5	98.8	35.1	55.4	91.2	71.1
15.0	58.7	99.4	41.9	60.2	96.4	70.8
17.4	64.1	99.9	49.0	65.2	98.0	70.3
20.1	69.8	100.0	56.6	70.4	99.7	69.6
23.3	76.0	100.0	65.1	76.2	100.0	68.8
27.0	82.3	100.0	73.9	82.2	100.0	67.8
31.3	88.3	100.0	82.4	88.0	100.0	66.5
36.3	93.3	100.0	89.8	93.0	100.0	65.7
42.1	97.0	100.0	95.4	96.9	100.0	65.2
48.8	99.3	100.0	98.8	99.2	100.0	58.3
56.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
65.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
76.0	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
88.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	11.6	4.1	17.7
D(V,0.9) =	32.8	8.6	36.4
D(V,0.1) =	2.8	2.2	5.8
D(4,3) =	15.2	4.9	19.9
D(3,2) =	7.3	3.7	11.7
SPAN =	2.6	1.6	1.7

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 11.97 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 11.70 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.30 %

TESTE NUMERO: 111

Q ALIM.=3.89 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s                      Q EFLU.=3.74 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm                      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.047                      DENS EFLU= 1.018                      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .071                      FRAC EFLU= .027                      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 63.9 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	4.3	10.0	1.0	4.3	13.5	63.3
2.6	9.7	22.9	2.0	9.5	13.8	63.2
3.0	12.2	29.7	2.7	12.5	16.2	64.8
3.4	14.9	37.3	3.6	15.8	16.9	66.5
4.0	18.3	46.3	4.6	19.7	18.2	67.1
4.6	22.0	54.9	5.9	23.6	22.8	67.1
5.3	25.8	63.2	7.5	27.6	27.6	67.1
6.2	29.9	71.4	9.6	31.9	33.6	67.2
7.2	34.5	79.2	12.2	36.4	40.8	66.7
8.3	39.5	86.1	15.7	41.1	51.4	66.2
9.6	44.6	91.6	19.9	45.8	62.3	65.6
11.1	49.8	95.5	24.8	50.3	73.5	64.6
12.9	55.3	98.1	30.6	55.0	85.4	63.4
15.0	60.7	99.0	37.0	59.4	93.2	61.8
17.4	66.1	99.8	43.8	64.0	96.0	60.2
20.1	71.7	100.0	51.5	69.0	99.2	58.4
23.3	77.9	100.0	60.0	74.4	100.0	55.2
27.0	84.5	100.0	68.9	80.1	100.0	49.8
31.3	90.7	100.0	77.6	85.7	100.0	41.5
36.3	95.4	100.0	85.9	91.0	100.0	32.6
42.1	98.3	100.0	93.0	95.5	100.0	24.3
48.8	99.7	100.0	97.8	98.6	100.0	13.6
56.6	100.0	100.0	99.4	99.6	100.0	.0
65.6	100.0	100.0	99.4	99.6	100.0	.0
76.0	100.0	100.0	99.6	99.7	100.0	.0
88.1	100.0	100.0	99.8	99.9	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	11.1	4.2	19.6
D(V,0.9) =	30.7	9.2	39.4
D(V,0.1) =	2.6	2.2	6.4
D(4,3) =	14.4	5.1	21.7
D(3,2) =	6.9	3.8	12.7
SPAN =	2.5	1.7	1.7

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 14.71 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 14.36 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 2.45 %

TESTE NUMERO: 112

Q ALIM.=5.83 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s                      Q EFLU.=5.68 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDADE DE ROTACAO= 2400 rpm                      ALTURA DA PISCINA EM 5  
 DENS ALIM= 1.042                      DENS EFLU= 1.020                      DENS DESC= 1.960  
 FRAC ALIM= .064                      FRAC EFLU= .032                      FRAC DESC= .775  
 EFICIENCIA GLOBAL = 52.8 %

DIAM	ALIM	EFLU	DESC	ALIM CAL	EF IND	ETAR
2.2	3.8	9.0	.9	4.7	9.6	64.2
2.6	8.9	20.5	1.9	10.7	9.5	62.4
3.0	11.7	26.6	2.5	13.9	11.0	61.8
3.4	15.0	33.2	3.4	17.5	12.1	61.1
4.0	19.0	41.2	4.3	21.7	12.4	60.2
4.6	23.0	49.0	5.5	26.0	15.7	59.8
5.3	27.1	56.6	6.9	30.4	18.5	59.4
6.2	31.5	64.3	8.7	35.0	22.6	59.0
7.2	36.1	72.1	11.1	39.9	27.8	59.0
8.3	40.9	79.7	14.2	45.1	34.2	59.2
9.6	45.9	86.5	18.0	50.3	42.4	59.3
11.1	50.8	91.9	22.5	55.3	53.2	59.2
12.9	55.9	95.9	28.1	60.1	66.1	59.0
15.0	60.9	98.5	34.4	64.7	79.7	58.7
17.4	65.9	99.5	41.5	68.9	92.4	57.9
20.1	71.1	99.8	49.6	73.3	97.4	57.2
23.3	76.7	100.0	59.0	78.4	99.0	56.8
27.0	82.6	100.0	69.3	83.8	100.0	56.7
31.3	88.3	100.0	79.4	89.1	100.0	56.8
36.3	93.2	100.0	88.1	93.7	100.0	57.1
42.1	96.9	100.0	94.7	97.2	100.0	58.5
48.8	99.2	100.0	98.7	99.3	100.0	61.5
56.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
65.6	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
76.0	99.9	100.0	99.9	99.9	100.0	100.0
88.1	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	.0
102.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0
118.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	.0

PARAMETROS NOTAVEIS DAS DISTRIBUICOES

DADOS DE:	ALIM	EFLU	DESC
D(V,0.5) =	10.8	4.7	20.2
D(V,0.9) =	32.8	10.5	37.6
D(V,0.1) =	2.7	2.2	6.7
D(4,3) =	14.8	5.7	21.3
D(3,2) =	6.9	4.1	13.1
SPAN =	2.8	1.8	1.5

VAZAO MASSICA TOTAL SEPARADA CONTABILIZADA= 16.43 Kg/min  
 VAZAO MASSICA TOTAL ESPERADA PELO BAL. MAT= 15.92 Kg/min  
 DESVIO RELATIVO ENTRE (CONTAB) E (ESPER.) = 3.26 %